

คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำทะเล



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

กรมควบคุมมลพิษ

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล

โดย

กรมควบคุมมลพิษ

คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล

พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2544

จำนวน 500 เล่ม

ISBN 974-624-247-4

คำนำ

“เพื่อให้มีการพัฒนาและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำ กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ จึงได้ให้มีการจัดทำคู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเลขึ้น เพื่อใช้เป็นคู่มือในการปฏิบัติงานตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย

ในการนี้ใคร่ขอขอบคุณ คุณศิริธัญญา ไพโรจน์บริบูรณ์, ดร.ยุวรี อินนา, ดร.พรสุข จงประสิทธิ์ และเจ้าหน้าที่กองจัดการคุณภาพน้ำทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำเป็นอย่างดี”

คณะร่างคู่มือฯ

ที่ปรึกษา	ศ.ดร.ธงชัย	พรรณณสวัสดิ์
ผู้ประสานงาน	อาจารย์ปราณี	พินทุมลินชัย
ผู้เขียน	ศ.ดร.มนูดี	หังสพฤษ
	คุณชนิษฐา	ศรีสุขสวัสดิ์
	คุณสุกัญญา	บุญเฉลิมกิจ
	คุณรุจยา	บุญญทุมานนท์
	รศ.วิมล	เหมะจันทร์
	รศ.ดร.สมเกียรติ	ปิยะธีรธิตวิรกุล
	ผศ.ดร.วิไลวรรณ	อุทุมพฤษพร
	ผศ.ดร.เจริญ	นิติธรรมยง
	ดร.อานนท์	สนิทวงศ์ ณ อยุธยา

คณะดำเนินงานจัดทำ
คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล
กองจัดการคุณภาพน้ำ
กรมควบคุมมลพิษ

ที่ปรึกษา

นายศิริธัญญ์	ไพโรจน์บริบูรณ์
นายพรชัย	ธรรณธรรม
นางนิตากร	โฆษิตรัตน์
นางยุวรี	อินนา

คณะทำงาน

นายวัฒนา	สุขเกษม
นางสาวพรสุข	จงประสิทธิ์
นายอนุพันธ์	อิฐรัตน์
นายอนุกุล	สุธาพันธ์
นายวิเทศ	ศรีเนตร
นางบุปผา	อุ้นแสงจันทร์
นายมารุต	สุขสมจิตร
นายอำนาจ	สมวงษ์อินทร์

สารบัญ	หน้า
วัตถุประสงค์ของคู่มือ	1
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลพิษทางทะเล	1
แหล่งกำเนิดมลพิษ	2
กระบวนการจัดตามธรรมชาติ	2
ปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์	3
- น้ำขึ้นน้ำลง	3
- กระแสน้ำสุทธิต	4
- การผสมกันของมวลน้ำ	4
- คลื่นลม คลื่นदैตง และคลื่นใต่น้ำ	5
การออกแบบการเก็บข้อมูลทางทะเลและการเก็บตัวอย่างน้ำ	5
การติดตามตรวจสอบแหล่งกำเนิดมลพิษ	5
- แหล่งมลพิษแบบ point source	5
- แหล่งมลพิษแบบ non-point (distributed) source	6
- ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดมลพิษที่ควรมีการติดตามตรวจสอบ	6
พื้นที่ที่มีคุณค่าหรือความสำคัญที่ควรมีการติดตามตรวจสอบผลกระทบจากสารมลพิษในทะเล	8
การรายงานผลการติดตามตรวจสอบ	8
การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งที่มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง	9
การเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสม	12
เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ	12
ตำแหน่งบนเรือ	13
ข้อควรปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล	14
การเก็บน้ำที่ผิวน้ำ	14
การเก็บน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ	14
ข้อควรปฏิบัติขณะถ่ายน้ำออกจากเครื่องมือเก็บน้ำ	14
การทำซ้ำ	14
การควบคุมคุณภาพตัวอย่าง	15
การสังเกตและตรวจวัดในภาคสนามที่ไม่ต้องเก็บตัวอย่าง	18
อุณหภูมิน้ำทะเล	18
ความเค็ม	18
ความลึก	18

สารบัญ	หน้า
ออกซิเจน	19
สีและความโปร่งใสของน้ำทะเล	21
การตรวจวัดปัจจัยทางอุณหภูมิมหาสมุทร	23
ทิศทางของคลื่น	23
ความสูงของคลื่น	23
คาบของคลื่น	24
สภาวะของทะเล	25
ทิศทางลม	25
ความเร็วลม	25
ความแรงของลม	27
ความกดอากาศ	27
อุณหภูมิอากาศ	27
ความชื้นสัมพัทธ์	27
ปริมาณและชนิดของเมฆ	28
สภาพอากาศ	32
เครื่องวัดการนำไฟฟ้า-อุณหภูมิ-ความลึก	32
การวิเคราะห์หรือตรวจวัดตัวอย่างน้ำที่เก็บขึ้นมาสำหรับปัจจัยบางตัวที่ต้องทำ ทันทีในสนาม	33
อุณหภูมิหน้าผิวน้ำ	33
ความเค็ม	34
ออกซิเจน	36
ความเป็นกรดต่าง	44
การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	46
ความเค็ม	46
อัลคาไลน์ตี	47
ซีลไฟด์	48
สารอาหารอนินทรีย์	48
ฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรท์	49
แอมโมเนีย	51
ซิลิเกต	52
โลหะปริมาณน้อย	53

สารบัญ	หน้า
ปรอท	56
ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	56
คาร์บอนอินทรีย์รวม	58
สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีน	59
พีซีบี	60
พีนอล	61
ไซยาไนด์	62
ฟลูออไรด์	63
กัมมันตภาพรังสี	64
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	65
คลอโรฟิลล์	66
อนุภาคแขวนลอยรวม	68
ภาคผนวก ก การคำนวณความลึกจากเทอร์โมมิเตอร์แบบหกกลับ	70
ภาคผนวก ข ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71
ภาคผนวก ค การเตรียมสารละลาย Forel-Ule เพื่อใช้เทียบสีน้ำทะเล	72
ภาคผนวก ง การ calibrate และหาค่าความเค็ม (PSS-78) โดยใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า	73

คู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเล

บทนำ

เนื่องจากเอกสารคู่มือการเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมีและชีววิทยาที่เป็นภาษาไทยนั้นมียุ่่น้อยมาก และคู่มือที่นับว่าสมบูรณ์ที่สุดได้แก่ คู่มือการสำรวจสมุทรศาสตร์และคู่มือการใช้เครื่องมือสำรวจสมุทรศาสตร์ ของหน่วยสำรวจแหล่งประมง (กองสำรวจแหล่งประมงนอกน่านน้ำในปัจจุบัน) กรมประมงก็ได้เรียบเรียงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 และ 2515 ซึ่งในช่วงที่ผ่านมาเทคโนโลยีต่างๆ ก็ได้มีการพัฒนาอย่างมาก อีกทั้งมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลที่กำหนดขึ้นโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเมื่อปี พ.ศ. 2537 ก็ได้ระบุให้มีการตรวจวัดองค์ประกอบ จำนวน 30 ชนิด ซึ่งหลายชนิดก็ไม่ได้กล่าวถึงในคู่มือที่มีอยู่ ดังนั้นกรมควบคุมมลพิษจึงได้จัดทำคู่มือการสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำทะเลฉบับนี้ขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้มีการระบุไว้ในมาตรฐานแต่่ามีความสำคัญและน่าที่จะตรวจวัดพร้อมๆ กันด้วย เช่น คลอโรฟิลล์ ตะกอนแขวนลอย และปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของคู่มือ

คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ปฏิบัติการในภาคสนามได้มีความรู้ความเข้าใจในการวางแผนการเก็บตัวอย่าง การเตรียมการก่อนการออกเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ข้อควรปฏิบัติและข้อควรระวังขณะเก็บตัวอย่าง การรักษาสภาพตัวอย่าง การตรวจวัดที่จำเป็นต้องทำทันทีในภาคสนาม ตลอดจนการส่งตัวอย่างต่อไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อการวิเคราะห์ อนึ่ง คู่มือฉบับนี้ไม่ได้มุ่งหมายที่จะเป็นคู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างหรือการวิเคราะห์ข้อมูล อย่างไรก็ตามผู้เขียนจะได้พยายามอ้างอิงถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สมบัติของน้ำทะเลที่สำคัญแต่ละตัว เพื่อให้ผู้อ่านที่สนใจจะได้สืบค้นได้ต่อไป

วิธีการภาคสนามที่รวบรวมไว้ในคู่มือนี้จะเหมาะสมและใช้อย่างอิงได้กับงานติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลโดยทั่วไปที่ทำเป็นประจำ แต่การจะนำวิธีการเหล่านี้ไปใช้กับการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยหรือเพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบหรือรูปแบบ (form/species) ของธาตุหรือสารประกอบต่างๆ จะต้องระมัดระวังและปรึกษาผู้เชี่ยวชาญถึงข้อจำกัดของวิธีการแต่ละอย่าง

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลพิษทางทะเล

ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำทะเล ณ ที่ใดที่หนึ่ง จะเป็นสารมลพิษหรือไม่ก็ตามจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือแหล่งกำเนิด กระบวนการขจัด และกระบวนการทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการพัดพาและแพร่กระจาย ซึ่งจะได้กล่าวถึงพอเป็นสังเขป

แหล่งกำเนิดมลพิษ

แหล่งกำเนิดของมลพิษที่สำคัญในทะเลคือ

1. แหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่แม่น้ำและคลอง ซึ่งสารมลพิษที่พัดพามาโดยธารน้ำเหล่านี้อาจมีแหล่งที่มาจากธรรมชาติหรือจากมนุษย์ก็ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยแหล่งน้ำผิวดินนี้เป็นแหล่งของมลพิษเกือบทุกชนิด
2. แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของไนเตรต ฟลูออไรด์ สารกำจัดศัตรูพืชและโลหะปริมาณน้อยบางชนิด อย่างไรก็ตามความรู้เกี่ยวกับสารมลพิษที่พาลงสู่ทะเลโดยแหล่งน้ำใต้ดินนี้ยังมีน้อยมาก
3. แหล่งชุมชน อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมชายฝั่งที่ปล่อยน้ำทิ้งลงทะเลโดยตรง ซึ่งสารมลพิษจากแหล่งเหล่านี้จะขึ้นกับชนิดของกิจกรรม จำนวนประชากร ระบบบำบัดน้ำเสีย และปัจจัยอื่นๆ
4. น้ำผุด (upwelling) ที่เกิดจากกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ทำให้น้ำทะเลจากระดับลึกที่มีสารอาหารได้แก่ ไนเตรตและฟอสเฟตสูง ผุดขึ้นมาที่ผิวน้ำซึ่งโดยปกติแล้วจะมีสารอาหารน้อยมาก กระบวนการทางฟิสิกส์ที่สำคัญที่ทำให้เกิดน้ำผุดก็คือลม น้ำผุดที่เกิดขึ้นอาจเกิดเป็นระยะสั้นๆ หรือนานหลายเดือนก็ได้ และจุดที่เกิดอาจจะซ้ำที่เดิมหรือไม่ก็ได้
5. เส้นทางเดินเรือและท่าเรือ จะเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษที่เกี่ยวกับน้ำมันและปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน น้ำมันปนเปื้อนลงมาในทะเลเหล่านี้จะมีทั้งจากการขนส่งน้ำมันและน้ำมันที่รั่วไหลจากการใช้งานเครื่องจักรกลเรือทั้งขนาดเล็กและใหญ่ นอกจากนี้การขุดลอกร่องน้ำเพื่อการเดินเรือยังทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยอีกทั้งยังอาจเป็นการขุดคุ้ยสารพิษที่ถูกสะสมไว้ในชั้นตะกอนให้กลับออกมาในมวลน้ำด้วย
6. เหมืองแร่และแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมในทะเลและชายฝั่ง จะเป็นแหล่งกำเนิดตะกอนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนและโลหะปริมาณน้อยบางชนิด
7. ฝุ่นผงและน้ำฝนจากบรรยากาศ อาจจะเป็นแหล่งของกรด แหล่งของโลหะบางชนิด เช่น ตะกั่ว อนุภาค aerosol เช่นสารประกอบซัลเฟอร์และไนโตรเจนบางตัว เป็นต้น

กระบวนการขจัดตามธรรมชาติ

ธาตุและสารประกอบทุกชนิดที่ลงมาสู่ทะเลจะเข้าสู่กระบวนการตามธรรมชาติต่างๆ ที่จะเปลี่ยนรูปแบบและความเข้มข้นที่อยู่ในน้ำ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้มีตั้งแต่ที่เกิดอย่างรวดเร็วและที่เกิดอย่างช้ามาก ซึ่งในท้ายที่สุดแล้วธาตุและสารมลพิษจะถูกขจัดโดยการเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของตะกอนที่ผิวพื้นท้องทะเลหรือมีฉะนั้นก็แปรรูปไปเป็นก๊าซออกไปสู่บรรยากาศ กระบวนการสำคัญที่ธาตุใหญ่รูปสารละลายกลายเป็นส่วนหนึ่งของตะกอนซึ่งเป็นของแข็งนั้น ได้แก่

1. Flocculation ซึ่งเป็นการที่ตะกอนแขวนลอยรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนบริเวณปากแม่น้ำ ในช่วงรอยต่อระหว่างน้ำจืดกับน้ำทะเล

2. Adsorption and cation exchange เป็นการที่ธาตุและสารประกอบในรูปของสารละลายถูกอนุภาคดึงเข้าไป โลหะและสารอาหารบางตัวเช่นฟอสเฟต จะถูกดูดซับไว้บนผิวของอนุภาคต่างๆ ได้ค่อนข้างดี
3. กระบวนการทางชีววิทยา ที่สำคัญได้แก่ 1. การสังเคราะห์แสงจะทำให้ธาตุที่อยู่ในรูปของสารละลายอนินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ฟอสเฟต ไนเตรตและแอมโมเนีย กลายเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และถึงแม้ว่าสารอินทรีย์ส่วนมากในทะเลจะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการหายใจให้กลับคืนมาเป็นสารละลายอนินทรีย์ แต่จะมีส่วนหนึ่งที่รอดพ้นการย่อยและสะสมอยู่ในชั้นตะกอน 2. การสร้างเปลือกและโครงร่างแข็งโดยสิ่งมีชีวิตในทะเล ยังเป็นการขจัดธาตุบางตัวออกจากมวลน้ำอย่างถาวร เช่น แคลเซียมและซิลิกอน เป็นต้น 3. การกระตุ้นหรือเอื้ออำนวยให้แบรลงอย่างเกิดขึ้น เช่น แบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ซัลเฟตเป็นตัวรับอิเล็กตรอนจะทำให้เกิดซัลไฟด์ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโลหะต่างๆ เช่นเหล็กเกิดเป็นแร่ในกลุ่มซัลไฟด์
4. กระบวนการอื่นๆ เช่น การตกตะกอนโดยตรง การเกิด reverse weathering การเกิดปฏิกิริยาเคมีกับหินร้อนที่มาจากใต้โลก

นอกจากการขจัดโดยการแปรรูปไปเป็นตะกอนแล้ว ธาตุและสารประกอบบางชนิดยังสามารถถูกขจัดโดยผ่านบรรยากาศ ซึ่งกระบวนการที่สำคัญได้แก่

1. การย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนและตัวรับอิเล็กตรอนตัวอื่นๆ ซึ่งจะทำให้สารอินทรีย์รวมทั้งไฮโดรคาร์บอนและสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ถูกย่อยไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนั้นตัวรับอิเล็กตรอนที่เป็นสารละลายบางตัว เช่น ไนเตรตและซัลเฟตเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะกลายเป็นก๊าซ เช่น ไนโตรเจน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ออกไปสู่บรรยากาศอีกด้วย
2. การย่อยสลายโดยแสงและรังสีอัลตราไวโอเล็ต จะทำให้สารอินทรีย์บางชนิดถูกย่อยไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้
3. การเกิด aerosol เนื่องจากละอองน้ำที่กระเด็นขึ้นไปในบรรยากาศและเมื่อส่วนที่เป็นน้ำระเหยกลายเป็นไอ อนุภาคที่เหลือซึ่งเป็นอนุภาคที่เล็กและเบาก็อาจถูกพัดพาได้กลับไปสู่แผ่นดิน ซึ่งใน aerosol ที่เกิดจากน้ำทะเลนั้นจะมี โซเดียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม คลอไรด์และซัลเฟตเป็นองค์ประกอบสำคัญ

ปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์

น้ำขึ้นน้ำลง

น้ำขึ้นน้ำลงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรง 2 กลุ่มคือ แรงดึงดูดจากเทห์วิตรุบนพากฟ้าซึ่งที่สำคัญได้แก่ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ กับแรงหนีศูนย์กลางจากการที่โลกหมุนรอบดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ โดยปกติในหนึ่งวันอาจจะมีน้ำขึ้นและลงวันละ 1 ครั้ง (diurnal) หรือวันละ 2 ครั้ง (semidiurnal) ก็ได้ น้ำขึ้นน้ำลงจะมีวงจรที่สำคัญประมาณ 15 วัน

ซึ่งทั้งนี้กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ได้ทำการทำนายระดับน้ำรายชั่วโมงของพื้นที่ชายฝั่งต่างๆ ของน่านน้ำไทย และได้ตีพิมพ์ออกมาเป็นมาตราน้ำรายปีซึ่งผู้ที่ปฏิบัติงานในภาคสนามสมควรอย่างยิ่งที่จะต้องมิไว้เพื่อประกอบการออกปฏิบัติงาน

แม้ว่าน้ำขึ้นน้ำลงจะเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวตั้ง แต่จะทำให้เกิดการแทนที่ของมวลน้ำในแนวราบด้วย การแทนที่ในแนวราบหรือที่เรียกในภาษาอังกฤษว่า tidal excursion นี้จะขึ้นกับสัดส่วนระหว่างความกว้างของช่วงน้ำขึ้นน้ำลง (tidal range) ต่อความลึกน้ำ ในบริเวณที่น้ำตื้นและ/หรือ tidal range กว้างจะมี tidal excursion ที่ยาวไกลกว่าบริเวณน้ำลึกและ/หรือมี tidal range ที่แคบ

เนื่องจากว่าความเข้มข้นของสารต่างๆ ในน้ำทะเลมักจะเปลี่ยนแปลงทั้งตามความลึกและตามระยะทาง การเก็บตัวอย่างน้ำ ณ ตำแหน่งเดิมแต่ต่างเวลา ก็อาจจะได้น้ำที่มีความเข้มข้นของสารต่างๆ ไม่เท่ากัน

กระแสน้ำสุทธิ

ถึงแม้ว่ากระแสน้ำในทะเลจะเปลี่ยนแปลงทั้งทิศทางและความเร็วอยู่ตลอดเวลาขึ้นกับสถานะของน้ำขึ้นน้ำลง ณ เวลานั้น แต่ถ้าเราตรวจวัดอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 1 ช่วงวงจรมน้ำขึ้นน้ำลง (tidal cycle) เรามักจะพบว่ากระแสน้ำสุทธิจะมีขนาดเล็กกว่ากระแสน้ำขึ้นน้ำลงมาก กระแสน้ำสุทธิหรือ residual current นี้มักเกิดเนื่องจากลมและความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ โดยที่สำหรับในซีกโลกด้านเหนือเช่นในประเทศไทยกระแสน้ำสุทธิที่ผิวน้ำจะทำมุม 45 องศาไปทางขวามือของทิศทางลมเนื่องมาจากแรงโคลิโอริส และยิ่งลึกลงไปในชั้นน้ำ กระแสจะยิ่งมีทิศทางไปทางขวามากขึ้นเรื่อยๆ แต่ความเร็วจะน้อยลง เราเรียกลักษณะของกระแสน้ำเนื่องจากลมนี้ว่า Ekman Spiral ส่วนความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของน้ำมักจะทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนให้น้ำชั้นบนไหลจากบริเวณที่น้ำมีความหนาแน่นต่ำไปยังบริเวณที่น้ำมีความหนาแน่นสูง แต่ในชั้นล่างจะมีทิศทางตรงกันข้าม

การผสมกันของมวลน้ำ

มวลน้ำที่มีองค์ประกอบต่างกันเมื่อมาอยู่ใกล้ๆ กันจะมีการผสมผสานกันเกิดขึ้น ซึ่งการผสมกันของมวลน้ำนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ เช่น การแพร่กระจายระดับโมเลกุล การผสมเนื่องมาจากน้ำขึ้นน้ำลง การผสมเนื่องจากการความแตกต่างของความหนาแน่น และการผสมเนื่องมาจากลม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการผสมจะเป็นผลลัพธ์ของกระบวนการทางฟิสิกส์หลายอย่าง สิ่งหนึ่งที่เหมือนกันก็คือการผสมกันนี้จะทำให้สารละลายและอนุภาคแขวนลอยในมวลน้ำเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยที่ไม่มีการเคลื่อนที่สุทธิของมวลน้ำ ความเร็วของการผสมจะเป็นปฏิภาคกับความแตกต่างของความเข้มข้นต่อระยะทาง

คลื่นลม คลื่นदैงและคลื่นใต้น้ำ

คลื่นในทะเลมีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีลักษณะและผลกระทบต่อสิ่งที่ไม่เหมือนกัน คลื่นอย่างแรกได้แก่คลื่นลม (wind wave) ซึ่งเกิดเนื่องจากการที่ลมพัดผ่านผิวน้ำ ขนาดของคลื่นจะขึ้นกับความเร็วลม ระยะเวลาและระยะทางที่ลมมีปฏิสัมพันธ์กับผิวน้ำทะเล คลื่นลมนี้มักจะมียอดแหลม ความยาวคลื่นสั้นและมีขนาดเล็กใหญ่ปะปนกันอย่างที่ 2 ได้แก่คลื่นदैง (swell) เป็นคลื่นที่มักจะพัฒนามาจากคลื่นลม ลักษณะเป็นคลื่นยอดกลม ความยาวคลื่นมากกว่าคลื่นลม และอาจจะมีความถี่ใหญ่ทั้งๆ ที่ขณะนั้นลมสงบก็ได้ คลื่นที่สำคัญอย่างที่ 3 ได้แก่คลื่นใต้น้ำ (internal wave) เป็นคลื่นที่เกิดขึ้นที่รอยต่อระหว่างชั้นน้ำที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน คลื่นใต้น้ำนี้อาจมองไม่เห็นที่ผิวน้ำแต่อาจมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสิ่งก่อสร้างใต้น้ำได้

การออกแบบการเก็บข้อมูลทางทะเลและการเก็บตัวอย่างน้ำ

ในเอกสารคู่มือฉบับนี้คำว่า **สถานีเก็บตัวอย่าง** จะหมายถึงความถึงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่กำหนดขึ้นเพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการรายงานความเข้มข้น การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เป็นตัวแทนที่ดีของสถานีเก็บตัวอย่างมักจะจำเป็นต้องเก็บที่ **จุดเก็บตัวอย่างน้ำ** หลายๆ จุด ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานีเก็บตัวอย่าง ซึ่งการกำหนดตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

การติดตามตรวจสอบแหล่งกำเนิดมลพิษ

วัตถุประสงค์ของการติดตามตรวจสอบบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษก็เพื่อประเมินว่าสารมลพิษที่ลงมาในแหล่งน้ำแล้วนั้นมีทิศทางการพัดพาและแพร่กระจายอย่างไรเพื่อประโยชน์ในการเตือนภัยและป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลของมวลรวมของสารมลพิษที่คงค้างอยู่ในน้ำในความเข้มข้นที่สูงกว่า background เมื่อนำมาหารด้วย loading จะทำให้ทราบถึง residence time โดยประมาณของสารมลพิษตัวนั้น ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถตามธรรมชาติของทะเลในบริเวณนั้นในการขจัดสารตัวนั้นอีกด้วย

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษนั้นจะต้องทำให้สามารถกำหนดขอบเขตการแพร่กระจายของสารมลพิษได้ ซึ่งทั้งนี้ข้อมูลขอบเขตการแพร่กระจายนี้อาจจะเป็น 1, 2 หรือ 3 มิติก็ได้ ขึ้นกับความละเอียดถูกต้องที่ต้องการและงบประมาณที่มี

แหล่งมลพิษแบบ point source

การกำหนดการเก็บตัวอย่างแบบ 3 มิติ ตามแนวของ plume ของสารมลพิษ จุดเก็บตัวอย่างจะมีระยะห่างเท่าๆ กันหรือไม่เท่ากันก็ได้ ที่สำคัญคือจุดนอกสุดทุกจุดจะต้องห่างจาก source มากพอที่จะทำให้ความเข้มข้นที่วัดได้อยู่ในระดับ background ในการเก็บแบบ 3 มิติเช่นนี้ แต่ละจุดเราจะเก็บตัวอย่างน้ำที่หลายความลึกด้วย วิธีการเก็บแบบนี้จะทำให้เราได้ภาพของ plume ที่ละเอียดที่สุด สามารถนำไปใช้คำนวณได้ที่ดีที่สุด

การกำหนดการเก็บตัวอย่างแบบ 2 มิติ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ 2 มิติในแนวราบคือ ณ แต่ละจุด จะเก็บตัวอย่างที่ความลึกเดียว และ 2 มิติในแนวตั้ง คือเก็บตามแนวราบในแกนเดียว แต่ที่แต่ละจุด (สถานี) จะเก็บข้อมูลที่หลากหลายระดับความลึก การเก็บตัวอย่างแบบนี้จะได้ข้อมูลของ plume ที่แท้จริง ข้อมูลที่ได้จะเป็นเพียงข้อมูลสัมพัทธ์เพื่อการเปรียบเทียบ เช่น ระหว่างฤดูหรือระหว่างเดือนต่างๆ เท่านั้น

แบบ	เหมาะสำหรับ
2 มิติในแนวราบ	plume ที่มีลักษณะกว้างและยาว แต่ต้นหรือมีการผสมผสานในแนวตั้งดี
<ul style="list-style-type: none"> เก็บที่ผิวน้ำ 	ปากทรงระบายน้ำแบบเปิด หรือ คู คลอง แม่น้ำที่ไหลลงทะเล
<ul style="list-style-type: none"> เก็บที่หน้าดิน 	ปากทรงระบายน้ำที่หน้าดิน
<ul style="list-style-type: none"> เก็บที่ความลึกใดความลึกหนึ่ง 	ปากทรงระบายน้ำแบบกลางน้ำ
2 มิติในแนวตั้ง	plume ที่มีลักษณะแคบยาว แต่มีการผสมผสานในแนวตั้งน้อย (น้ำมีการแบ่งชั้น)

แบบสุดท้ายคือการเก็บใน 1 มิติ ซึ่งจะมีความหยาบมากที่สุดและผิดพลาดมากที่สุด กล่าวคือจะเก็บข้อมูลในแนวราบแนวเดียว ซึ่งมักจะเป็นแนวของแกนกลางของ plume และที่แต่ละจุดก็จะเก็บเพียงระดับความลึกเดียว ข้อมูลที่ได้จะสามารถบอกได้อย่างคร่าวๆ ถึงขอบเขตการแพร่กระจายเท่านั้น ยกเว้น plume นั้นจะมีลักษณะแคบยาวและมีการผสมผสานในแนวตั้งเป็นอย่างดี

แหล่งมลพิษแบบ non-point (distributed) source

แหล่งมลพิษแบบนี้จะครอบคลุมถึงบริเวณที่มีแหล่งแบบ point source หลายแหล่งอยู่ใกล้ๆ กัน ทำให้สารมลพิษที่ปล่อยออกมาปะปนกันจนแยกไม่ออกจากแหล่งใด

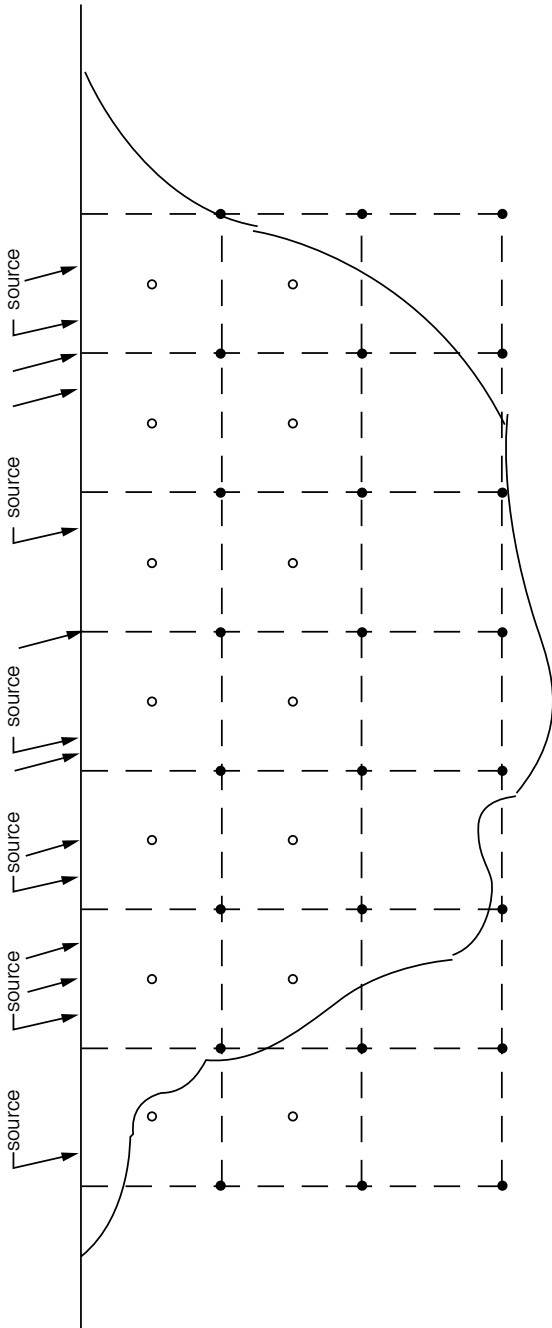
การกำหนดแบบแผนการเก็บตัวอย่างแบบ 3 มิติมักจะทำแบบ grid (รูปที่ 1) ความถี่ของ grid สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม กล่าวคือถ้าความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามระยะทาง ระยะห่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่างก็ต้องน้อย

การเก็บตัวอย่างแบบ 2 มิติก็แบ่งได้ทำนองเดียวกับในกรณีของ point source คือ ในแนวราบและในแนวตั้ง โดยที่ในแนวตั้งนั้นมักนิยมวางแนวตามทิศทางของ concentration gradient เช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลแบบ 1 มิตินั้น

ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดมลพิษที่ควรมีการติดตามตรวจสอบ

1. แหล่งชุมชนชายฝั่งที่มีประชากรเกินกว่า 10,000 คน
2. แหล่งชุมชน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมชายฝั่ง ที่ผลิต BOD รวมกันมากกว่า 5,000 กก./วัน

รูปที่ 1 การทำแบบ grid สำหรับการเก็บตัวอย่างแบบ 3 มิติ



3. แหล่งอุตสาหกรรม เกษตรกรรม เหมืองแร่ชายฝั่งที่เกี่ยวข้องกับสารที่เป็นพิษอย่างร้ายแรง เช่น ปอท สารหนู ไซยาไนต์ ไดออกซิน เป็นต้น
4. แหล่งอุตสาหกรรม เกษตรกรรมชายฝั่งที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี
5. ท่าเรือทั้งขนาดเล็กและใหญ่

พื้นที่ที่มีคุณค่าหรือความสำคัญที่ควรมีการติดตามตรวจสอบผลกระทบจากสารมลพิษในน้ำทะเล

ในทะเลจะมีพื้นที่ที่มีความสำคัญและมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะด้านมลพิษ ซึ่งพื้นที่เหล่านั้นบางแห่งถ้าสูญเสียหรือเปลี่ยนแปลงไปแล้วจะเป็นไปอย่างถาวรไม่อาจฟื้นกลับคืนได้ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการติดตามตรวจสอบความเข้มข้นของสารมลพิษอย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น

1. ระบบนิเวศที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยา เช่น แนวปะการัง ป่าชายเลนและหญ้าทะเล
2. พื้นที่ที่เป็นแหล่งวางไข่และที่อยู่ของตัวอ่อนสัตว์ทะเล
3. แหล่งท่องเที่ยว
4. ที่อยู่หากินของสิ่งมีชีวิตหายากหรือใกล้สูญพันธุ์ เช่น พะยูน เต่าทะเล เป็นต้น
5. พื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์และพืชน้ำ
6. พื้นที่ที่มีความสำคัญทางสังคม วัฒนธรรมหรือเศรษฐกิจของประเทศหรือของชุมชน
7. พื้นที่หรือจุดสำรวจที่เคยมีข้อมูลต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน เพื่อผลในการติดตามการเปลี่ยนแปลงระยะยาว

การออกแบบตำแหน่งของสถานีเก็บตัวอย่าง เพื่อติดตามตรวจสอบผลกระทบแบบเบื้องต้นจากสารมลพิษในน้ำทะเลต้องพื้นที่หรือระบบนิเวศที่มีความสำคัญนี้จะแตกต่างจากการออกแบบการเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษ กล่าวคือในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดมลพิษเราต้องการทราบขอบเขตและทิศทางการกระจายตัว (รวมทั้งอัตราด้วยถ้าเป็นไปได้) ดังนั้นจุดเก็บตัวอย่างจึงต้องมีการจัดวางให้ครอบคลุมพื้นที่และ plume ของสารมลพิษ ซึ่งมักจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล ในขณะที่การเฝ้าติดตาม ณ บริเวณที่ได้รับผลกระทบนั้นเป็นการเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมที่เวลาต่างกัน ดังนั้นตำแหน่งของสถานีเก็บตัวอย่างจะต้องคงที่ นอกจากนี้พื้นที่ที่มีความสำคัญเหล่านี้มักจะมีความหนาแน่นสูง ดังนั้นจึงมักจะเป็นการสิ้นเปลืองมากถ้าทำการเก็บข้อมูลหลายๆ สถานีในพื้นที่เดียว โดยมากแล้วเราจะเพิ่มความละเอียดในการศึกษาพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งก็ต่อเมื่อข้อมูลจากการติดตามตรวจสอบแบบเบื้องต้น บ่งชี้ว่าอาจจะเกิดการปนเปื้อนที่ผิดปกติ ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลประกอบเพิ่มเติมเพื่อประกอบการตัดสินใจและวางแผนการแก้ไขปัญหา

การรายงานผลการติดตามตรวจสอบ

ในบริเวณใกล้ฝั่งหรือปากแม่น้ำเรามักจะพบว่าความเข้มข้นของสารใดๆ ณ สถานีเดียวกันจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสภาวะของน้ำขึ้นน้ำลง ดังนั้นการที่จะบอกถึงความเข้มข้น

ที่สถานี่นั้นจึงควรที่จะรายงานเป็นค่าเฉลี่ย หรือรายงานเป็นช่วงของความเข้มข้นสูงสุดและต่ำสุด หรือถ้าเป็นการติดตามตรวจสอบที่เน้นการเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อมูลเก่า หรือข้อมูลของสถานี่อื่น เราอาจกำหนดให้ตรวจวัดในช่วงสภาวะน้ำขึ้นน้ำลงเดียวกัน เช่นขณะน้ำขึ้นสูงสุดหรือน้ำลงต่ำสุดหรือขณะระดับน้ำปานกลางเป็นต้น แต่ถ้าเป็นการติดตามตรวจสอบผลกระทบโดยเทียบกับค่าเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น เช่น โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติหรือหน่วยงานอื่น ๆ เราอาจจะเลือกค่าที่สูงที่สุดในกรณีของสารที่มีความเป็นพิษ หรือค่าที่ต่ำสุดในกรณีที่มีความเป็นพิษเกิดที่ความเข้มข้นต่ำ เช่น ออกซิเจน เนื่องจากการติดตามตรวจสอบผลกระทบนี้ควรจะต้องถือหลักความปลอดภัยมากที่สุดไว้ก่อนเสมอ

วิธีการรายงานมักขึ้นกับวัตถุประสงค์ของงาน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

วัตถุประสงค์	วิธีการรายงาน
การติดตามตรวจสอบแหล่งกำเนิดมลพิษ	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าเฉลี่ย • ค่าสูงสุด-ต่ำสุด
การติดตามตรวจสอบผลกระทบจากมลพิษ	
<ul style="list-style-type: none"> • การเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังกิจกรรมที่อาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าเฉลี่ย • ค่าสูงสุด-ต่ำสุด
<ul style="list-style-type: none"> • การเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบกับพื้นที่ควบคุม 	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าเฉลี่ย • ค่าสูงสุด-ต่ำสุด
<ul style="list-style-type: none"> • การเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบกับค่าเกณฑ์มาตรฐาน 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกระหว่างสูงสุด หรือต่ำสุดที่น่าจะเป็นอันตรายมากที่สุด เพื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งที่มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

ตั้งที่ทราบกันดีว่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้ ณ สภาวะของน้ำขึ้นน้ำลงที่ต่างกันมักจะได้ค่าที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างเพียงจุดเดียวครั้งเดียวจึงมักจะไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของสถานภาพของมลพิษ ณ จุดนั้น จริงๆ แล้วควรที่จะเก็บตัวอย่างมากกว่า 1 ครั้ง อย่างน้อยเพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นสูงสุดและต่ำสุดในหนึ่งช่วงน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี่นั้น อย่างไรก็ตาม การเก็บตัวอย่างซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ณ สถานี่เดียวกันนั้นมักจะสิ้นเปลืองทั้งเงินและเวลาดังนั้นจึงได้มีการคิดว่าแทนที่จะเก็บซ้ำ ณ จุดเดียวแต่หลาย ๆ ครั้ง เราเก็บหลาย ๆ จุดในเวลาเดียวหรือใกล้เคียงกัน โดยที่ตำแหน่งของจุดที่เลือกที่จะเก็บน้ำนั้นจะทำให้เราได้ช่วงของความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง ณ สถานี่นั้น

โดยทั่วไปความเข้มข้นสูงสุดมักจะตรวจวัดได้เมื่อน้ำขึ้นสูงสุดหรือลงต่ำสุด ความเข้มข้นต่ำสุดก็มักจะตรงกับช่วงของระดับน้ำที่ตรงกันข้าม ดังนั้นโดยอาศัยหลักการนี้ถ้า เราทราบค่า tidal excursion ที่สถานะนั้นเป็นระยะทางเท่าใดเราก็จะบอกได้ว่าความเข้มข้นสูงสุดและต่ำสุด ณ เวลาใดเวลาหนึ่งควรจะอยู่ห่างกันเท่าใดด้วย

ทิศทางของกระแสน้ำไหลขึ้นและไหลลงของแต่ละบริเวณอาจจะมีระบุไว้ในแผนที่เดินเรือของพื้นที่นั้นหรือมิฉะนั้นก็สอบถามจากคนในพื้นที่ สำหรับในบริเวณที่ใกล้ฝั่งเราอาจ assume ว่ากระแสน้ำไหลขึ้นจะไหลตั้งฉากเข้าหาฝั่งและน้ำลงจะไหลตั้งฉากออกจากฝั่งก็ได้ การหา tidal excursion นี้เราต้องการเพียงทิศทางโดยประมาณของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงเท่านั้น

นอกจากทิศทางของ tidal excursion แล้ว สิ่งที่ต้องทราบอื่นๆ ก็คือ

- ระยะทาง (เมตร) ระหว่างสถานีสำรวจกับชายฝั่งที่ใกล้ที่สุดตามแนวของ tidal excursion หรือถ้าเป็นสถานีในปากแม่น้ำได้แก่ระยะทางไปทางต้นน้ำจนกระทั่งถึงแนวเขตที่ไม่มีน้ำขึ้นน้ำลง กำหนดให้ระยะทางนี้เป็น x
- ความลึก (เมตร) ของน้ำขณะน้ำลงต่ำสุด (lowest low water) ที่สถานีสำรวจ ความลึกนี้คือความลึกที่ระบุไว้ในแผนที่เดินเรือนั่นเอง แต่ถ้าเป็นความลึกจากการหยั่งน้ำจะต้องลบออกด้วยค่าระดับน้ำจากมาตราน้ำของวันที่และเวลาที่ทำการหยั่งน้ำ กำหนดให้ความลึกนี้เป็น z
- ช่วงกว้างที่สุดของระดับน้ำขึ้นน้ำลงของ tidal cycle ที่ออกไปเก็บตัวอย่าง จะประมาณได้จากมาตราน้ำโดยพิจารณาจากระดับน้ำที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดในช่วง 7 วันก่อนหน้า และ 7 วันหลังจากวันที่วางแผนจะออกไปเก็บตัวอย่าง ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด (เป็นเมตร) นี้กำหนดให้เป็น Δz

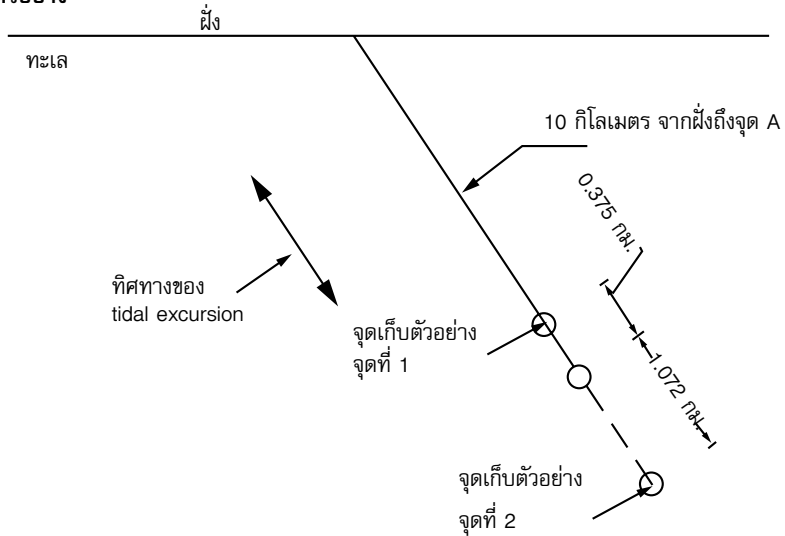
หลังจากนั้นจึงคำนวณ tidal excursion (Δx) เป็นเมตรดังนี้

$$\Delta x = \frac{x \Delta z}{z}$$

เมื่อได้ tidal excursion แล้วเราก็สามารถใช้ค่านี้เป็นช่วงสูงสุดระหว่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำของแต่ละสถานี (ข้อสังเกต จะเห็นได้ว่ายิ่งห่างฝั่ง tidal excursion มักจะยิ่งยาว) ซึ่งปลายสุดแต่ละข้างของช่วงที่ว่าเป็นมวลน้ำที่จะมาอยู่ตรงกับสถานีในขณะนี้น้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุด ซึ่งมีข้อสังเกตที่สำคัญก็คือถ้าความเข้มข้นที่ปลายทั้ง 2 ของ tidal excursion ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าความเข้มข้น ณ สถานีนั้นจะคงที่ตลอดช่วง tidal cycle ดังนั้นการเก็บตัวอย่างเพียงจุดเดียวก็เพียงพอ แต่ถ้าความเข้มข้นที่ปลายทั้งสองมีความแตกต่างกันมาก ก็จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างหลายๆ จุดเพื่อนำมาหาเป็นค่าเฉลี่ยหรือรายงานเป็นช่วงของความเข้มข้นสูงสุดและต่ำสุด

นอกจาก tidal excursion แล้วจำเป็นต้องทราบด้วยว่าในขณะเวลาที่เรากำลังเก็บตัวอย่างน้ำนั้น tidal state เป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับระดับน้ำขึ้นสูงสุดเพื่อจะได้นำมาชดเชยช่วงการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสม ดังตัวอย่างนี้ (รูปที่ 2)

ตัวอย่าง



รูปที่ 2 ตัวอย่างช่วงการเก็บตัวอย่าง

จุด A อยู่ห่างชายฝั่งตามแนวทิศทางน้ำไหลขึ้น 10 กิโลเมตร จากการศึกษาตารางน้ำพบว่าในช่วง 7 วันหน้าและ 7 วันหลัง ระดับน้ำลงต่ำสุด คือ 10 เดซิเมตร (1 เมตร) และ 30 เดซิเมตร (3 เมตร) จาก chart datum ความลึกของน้ำวัดในขณะที่ระดับน้ำเป็น 25 เดซิเมตร (2.5 เมตร) วัดได้ 16.5 เมตร ดังนั้นความลึกเทียบกับ chart datum (lowest low water) เท่ากับ $16.5 - 2.5 = 14.0$ เมตร

$$\text{Tidal excursion} = \frac{(3-1) \cdot 10000}{14} = 1429 \text{ เมตร}$$

เราวางแผนที่จะออกไปเก็บตัวอย่างน้ำในขณะเวลาที่ระดับน้ำเป็น 15 เดซิเมตร ดังนั้น state

ของน้ำขึ้นน้ำลงก็คือ $\frac{15-10}{30-10} * 100 = 25\%$ ของระดับน้ำขึ้นสูงสุด

จุดเก็บน้ำปลายสุดทางทิศที่น้ำไหลขึ้นคือ $\frac{15-10}{30-10} * 1429 = 357$ เมตร จากจุด A

และจุดเก็บน้ำปลายสุดทางทิศที่น้ำไหลลงคือ $1429 - 357 = 1072$ เมตร จากจุด A จะเห็นได้ว่าตำแหน่งเก็บน้ำโดยรอบพื้นที่ของจุด A ที่เราสนใจนี้ไม่คงที่ แต่จะขึ้นกับ state ของน้ำขึ้นน้ำลง การเก็บตัวอย่างจะต้องเก็บอย่างน้อย 2 จุด คือที่ปลายทั้ง 2 ของ tidal excursion แต่ถ้าเป็นไปได้ ควรจะเก็บน้ำในระหว่างจุดทั้ง 2 ด้วยเพื่อเป็นตัวแทนของ tidal state ต่างๆ ด้วย เพราะจริงๆ แล้ว การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตามเวลา/ระยะทางไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตรงเสมอไป

การเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสม (Composite Sample)

บ่อยครั้งเราจะพบว่าค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างจะแพงมาก ดังนั้นการที่จะวิเคราะห์ตัวอย่างหลายๆ ตัวอย่างจากบริเวณเดียวกันอาจจะเป็นไปไม่ได้ วิธีการแก้ปัญหาหนึ่งก็คือการผสมตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณนั้น โดยใช้สัดส่วนที่เท่าๆ กัน ดังนั้นค่าที่ได้ก็จะ เป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณของความเข้มข้น อย่างไรก็ตามมีข้อควรระวังว่า การผสมน้ำที่มี อุณหภูมิ ความเค็ม pH และ redox potential ที่ต่างกันมาก ๆ อาจจะทำให้เกิดการ adsorption และ desorption ของสารมลพิษบางตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการ ตรวจสอบค่าเหล่านี้ก่อนการผสมน้ำเสมอ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ คือ

- วัสดุที่ใช้ทำตัวอุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ ที่ต้องสัมผัสกับน้ำ

วัสดุ	ใช้ได้กับตัวอย่างน้ำสำหรับ	ห้ามใช้กับตัวอย่างน้ำสำหรับ
โลหะ	สารอาหารอินทรีย์ pH อัลคาลินิตี สารอินทรีย์ กัมมันตภาพรังสี ความเค็ม	โลหะปริมาณน้อย ออกซิเจน ซัลไฟด์ ผลผลิตขั้นต้น
Teflon	การวิเคราะห์ทุกชนิด	
พลาสติก เช่น PE, PVC, PP	สารอาหารอินทรีย์ pH อัลคาลินิตี กัมมันตภาพรังสี ความเค็ม โลหะ ปริมาณน้อย ออกซิเจน ซัลไฟด์ ผลผลิตขั้นต้น	ปรอท สารอินทรีย์ (ยกเว้นจะเคลือบผิวไว้ด้วย teflon)
ยางธรรมชาติ (latex)	สารอาหารอินทรีย์ pH อัลคาลินิตี กัมมันตภาพรังสี ความเค็ม ออกซิเจน ผลผลิตขั้นต้น	โลหะปริมาณน้อย สารอินทรีย์
ยางซิลิโคน/กาวซิลิโคน	การวิเคราะห์เกือบทุกชนิด	ปรอท สารอินทรีย์ ออกซิเจน (ซึมผ่านได้)
แก้ว	การวิเคราะห์ทุกชนิด (ถ้าสัมผัสเป็นระยะเวลานาน ๆ)	
น้ำมันหล่อลื่นและจาระบีทั่วไป		การวิเคราะห์ทุกชนิด
จาระบีแบบซิลิโคน	การวิเคราะห์หลายชนิด	โลหะปริมาณน้อย สารอินทรีย์
สีทากันสนิมกันเพรียงแบบอียอกซี	การวิเคราะห์หลายทุกชนิด (ถ้าไม่มีการหลุดร่อนให้เห็น)	โลหะปริมาณน้อย

2. รูปทรงของเครื่องมือเก็บน้ำ

เครื่องมือควรมีรูปร่างยาวทางแนวตั้งและมีช่องให้น้ำเข้าออกได้สะดวกทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อให้หน้าที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็วขณะหย่อนลงไม่ติดค้าง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลผิดพลาด

3. กลไกในการกักเก็บน้ำ

แบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
1. mechanical เช่น ใช้ยางยืด สปริง ลูกตุ้ม messenger	ราคาถูก ทนทานและซ่อมแซมง่าย	ความแม่นยำของระดับ ความลึกมีต่ำ
2. แบบควบคุมระยะไกลด้วยไฟฟ้า	สามารถเลือกความลึกที่ต้องการได้แบบ real-time	ราคาแพง ต้องมีสายเคเบิล ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องดูแล
3. แบบทำงานอัตโนมัติเมื่อถึงความลึกที่ต้องการ	ราคาถูกกว่าแบบที่ 2 ไม่ต้องมีสายเคเบิล	เมื่อตั้งความลึกไปแล้วเปลี่ยนไม่ได้

4. ระบบวาล์วระบายน้ำออก

- 4.1 จะต้องมีการควบคุมการไหล หยุด และความเร็วได้อย่างสะดวกโดยใช้มือเพียงข้างเดียว (เพราะอีกมือต้องใช้ถือขวดบรรจุตัวอย่าง)
- 4.2 น้ำจะต้องไหลออกเป็นลำและไม่มีฟองอากาศ
- 4.3 จะต้องสามารถระบายน้ำออกจนเหลือติดค้างเพียงเล็กน้อย

5. เครื่องสูบน้ำจะต้องพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้และกลไกภายในว่าเหมาะสมหรือไม่ นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงความเร็วและแรงยก (head) ตลอดจนความสะดวกในการใช้งานด้วย

ตำแหน่งบนเรือ

ตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบนเรือสำรวจควรพิจารณาเลือกหรือกำหนด ดังนี้

- ห่างจากช่องระบายน้ำต่างๆ ของเรือ
- ปลอดภัยของเครื่องจักร ไอยูจากห้องครัว ส้วมและคันทันหุรี
- เลือกเก็บน้ำทางกราบที่หันเข้าหาลม

ข้อควรปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

การเก็บน้ำที่ผิวหน้า (subsurface)

การเก็บน้ำระดับผิวหน้าจะต้องให้อุปกรณ์เก็บน้ำจมอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 30 ถึง 100 ซม. ตลอดเวลา และต้องระวังไม่ให้ผิวน้ำหน้าซึ่งจะมีฟิล์มบางๆ (surface microlayer) มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไม่ให้ปนเข้ามาในตัวอย่าง ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ถังจ้วงตักน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี การจ้วงตักจะใช้ได้ก็เฉพาะตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา เนื่องจาก surface microlayer นี้เป็น substrate ที่สำคัญของแบคทีเรีย

การเก็บน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ

- ตรวจสอบเครื่องมือเก็บตัวอย่างและส่วนประกอบต่างๆ รวมทั้งสายสลิง เชือก ที่ใช้ว่าอยู่ในสภาพดีและสะอาดปราศจากสนิมและน้ำมันต่างๆ
- ควรใช้สายนิรภัย (safety line) ติดไว้กับเครื่องมือเก็บน้ำก่อนที่จะยึดติดกับสายสลิง โดยเฉพาะเวลาคลื่นลมจัด
- ห้ามหย่อนเครื่องเก็บน้ำที่ปิดฝาสนิทลงน้ำ เพราะแรงดันน้ำจะบีบให้เครื่องมือชำรุดหรือแตก
- ควรใช้คัมภ์น้ำหนัที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่เชือกสลิง และระบบกว้านจะรับได้เพื่อให้สายตึงตึงที่สุด
- หย่อนเครื่องมือด้วยความเร็วที่น้ำจะระบายผ่านเครื่องมือได้ทัน
- วัดมุมเอียงของสายทุกครั้ง
- เมื่อหย่อนเครื่องมือเก็บน้ำลงไปถึงความลึกที่ต้องการแล้วควรหยุดรอประมาณ 30 ถึง 60 วินาที ก่อนสั่งให้เครื่องเก็บน้ำ

ข้อควรปฏิบัติขณะถ่ายน้ำออกจากเครื่องมือเก็บน้ำ

- ควรกระทำภายใน 15 นาทีหลังจากนำขึ้นพื้นผิวน้ำ
- ถ่ายตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ออกซิเจนออกเป็นลำดับแรกเสมอ
- ควรใส่ถุงมือยางหรือพลาสติกที่ปราศจากแบง์ในขณะถ่ายน้ำเพื่อลดการปนเปื้อน
- เขย่าเครื่องมือเก็บน้ำเป็นระยะหลังจากถ่ายน้ำเมื่อวิเคราะห์ออกซิเจนเสร็จแล้ว เพื่อให้มวลน้ำและอนุภาคแขวนลอยกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน
- rinse ขวดบรรจุตัวอย่าง 1-2 ครั้ง ก่อนเติมน้ำลงในขวด
- ขวดที่จะแช่แข็งอย่าใส่เต็ม แต่ให้เหลือที่ว่างประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรขวด
- ถ้ามีอะไรผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ให้บันทึกไว้ในแบบฟอร์มเสมอ

การทำซ้ำ

หมายถึงทำทุกอย่างตั้งแต่การเก็บ ไม่ใช่แค่ซ้ำขวด

การควบคุมคุณภาพตัวอย่าง (Quality Control)

ตารางสรุปวิธีการเก็บและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อการวิเคราะห์ต่าง ๆ

คุณภาพ	ชนิดขวด ¹	การล้างขวด	การกรอง	การเก็บรักษา	เก็บได้นาน
pH	ขวดพลาสติกหรือแก้วขนาด 50-100 มล.	DW	ไม่ต้องกรอง	วัดทันที	15 นาที
ความเค็ม	ขวดแก้วหรือพลาสติกขนาดเพียงพอต่อการวิเคราะห์แต่ไม่น้อยกว่า 100 มล.	DW	เยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ <1 um	ปิดฝาให้สนิททันที เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง	1 ปี ในขวดแก้วถ้าไม่มีการระเหยหรือตกตะกอน
อัลคาลินิตี	ขวดพลาสติกขนาดอย่างน้อย 250 มล.	DW เท่านั้น ห้ามใช้กรด	เยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ <1 um ที่ไม่เคยผ่านกรด	ปิดฝาให้สนิททันที เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง	1 เดือน ถ้าไม่มีการระเหยหรือตกตะกอน
ออกซิเจนละลาย	ขวด BOD แก้วขนาด 100-300 มล.	DW	ไม่ต้องกรอง	สารละลาย $MnSO_4$ + สารละลาย alkali-iodide ปิดฝาให้สนิทโดยไม่ให้มีฟองอากาศ เก็บในที่มืดและแช่เย็นเพื่อลดกระบวนการทางชีวะ	<ul style="list-style-type: none"> น้ำผิวน้ำที่ไม่มีสีสภาพเน่าเสีย-8 ชม. น้ำที่มีสีสภาพเน่าเสียหรือน้ำที่มีแพลงตอ น ท น ำ แ น ่ น - 30 นาที
ไนเตรต ไนไตรต์ และ ฟอสเฟต	ขวดพลาสติกขนาดอย่างน้อย 250 มล.	10% HCl หรือ $H_2 SO_4$ ตามด้วย DW ที่กลั่นใหม่ ๆ (ห้ามใช้ผงซักฟอกและ HNO_3)	เยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ <1 um ที่ล้างด้วยกรดแล้ว กรองภายใน 30 นาที หลังเก็บตัวอย่าง	บรรจุขวดในถุงพลาสติก ก่อนแช่แข็งในตู้แช่ที่สะอาด	1 เดือน
แอมโมเนีย	ขวดพลาสติกขนาดอย่างน้อย 100 มล.	เหมือนสารอาหารอนินทรีย์ตัวอื่นๆ	เหมือนสารอาหารอนินทรีย์ตัวอื่นๆ	บรรจุขวดในถุงพลาสติก ก่อนแช่แข็งในตู้แช่ที่สะอาด ถ้าคาดว่าน้ำตัวอย่างมีแอมโมเนียสูง ควรปรับ pH ให้ <2 ด้วย $H_2 SO_4$ เข้มข้น	7 วัน

คุณภาพ	ชนิดขวด ¹	การล้างขวด	การกรอง	การเก็บรักษา	เก็บได้นาน
ซัลไฟต์	ขวดแก้ว ขนาดไม่น้อยกว่า 100 มล. ที่ไม่กักฟองอากาศ	DW	ไม่ต้องกรอง	Zinc acetate ปิดฝาให้สนิท แช่เย็น	1 เดือน
โลหะปริมาณน้อย ยกเว้นปรอท	ขวด teflon หรือ LDPE ขนาด 250 มล.	10% HNO ₃ ตามด้วย DDW แล้วบรรจุ 0.1% HNO ₃ ชนิดบริสุทธิ์พิเศษใน DDW ให้เต็มขวด	เยื่อกรอง Polycarbonate ขนาด 0.4 um ที่ล้างด้วย 10% HNO ₃ และ DDW ตามลำดับ	HNO ₃ ชนิดบริสุทธิ์พิเศษเข้มข้น ให้ pH <2 (สำหรับน้ำทะเลโดยทั่วไปใช้กรดเข้มข้นไม่เกิน 1 มล ต่อน้ำทะเล 1 ลิตร แต่ควรมีการทดสอบโดยใช้กระดาษ pH) บรรจุขวดในถุงพลาสติกและเก็บที่อุณหภูมิห้องหรือแช่เย็น	6 เดือน ถ้าไม่มีการระเหยหรือตกตะกอน ยกเว้นโครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ จะต้องวิเคราะห์ภายใน 24 ชม.
ปรอท	ขวด teflon ขนาด 100 มล.			HCl	1 เดือน
ฟลูออไรด์	ขวดพลาสติก ขนาด 100 มล.	DW	ไม่ต้องกรอง	ปิดฝาให้สนิทเก็บที่อุณหภูมิห้องหรือแช่เย็น	1 เดือน
คลอรีน คงเหลือ	ขวดพลาสติก หรือแก้ว ขนาด 250 มล.	DW	ไม่ต้องกรอง	ต้องวิเคราะห์ทันที	30 นาที
ฟีนอล	ขวดพลาสติก หรือแก้วสีชา ขนาด 0.5-1 ลิตร	DW	ไม่ต้องกรอง	H ₂ SO ₄ เข้มข้นให้ pH<2 (ประมาณ 2 มล. ต่อ น้ำทะเล 1 ลิตร) แช่เย็นในที่มืด	1 เดือน
ไซยาไนด์	ขวดพลาสติก หรือแก้ว ขนาด 500 มล.	DW	ไม่ต้องกรอง	NaOH ให้ pH 12-12.5 ถ้าน้ำมีกลิ่นไซแนควรรเติม Pb (OOCCH ₃) ₄ หรือ Pb (CO ₃) ₄ ด้วย แช่เย็นในที่มืด	14 วัน
สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ ที่มีคลอรีน	ขวดแก้วสีชา ขนาด 4 ลิตร รองฝาด้วย teflon หรือ อะลูมิเนียมฟอยล์	ผงซักฟอก DW อะซีโตน และเฮกเซน ตามลำดับ	ไม่ต้องกรอง	แช่เย็นในที่มืด	7 วัน

คุณภาพ	ชนิดขวด ¹	การล้างขวด	การกรอง	การเก็บรักษา	เก็บได้นาน
พีซีบี	ขวดแก้วขนาด 20 ลิตร รองฝาด้วย teflon หรืออะลูมิเนียมฟอยล์	ผงซักฟอก DW อะซีโตน และเฮกเซน ตามลำดับ	ไม่ต้องกรอง	แช่เย็นในที่มืด	7 วัน
ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	ขวดแก้วสี่ขาขนาด 4 ลิตร รองฝาด้วย teflon หรืออะลูมิเนียมฟอยล์	ผงซักฟอก DW อะซีโตน และเฮกเซน ตามลำดับ	ไม่ต้องกรอง	เฮกเซนชนิดบริสุทธิ์พิเศษ 50 มล. และแช่เย็นในที่มืด	1 เดือน
กัมมันตภาพรังสี(อัลฟารวมและบีตาารวม)	ขวดพลาสติกหรือแก้วขนาด 1 ลิตร	10% HCl และ DW ตามลำดับ	ไม่ต้องกรอง	ปิดฝาให้สนิทกันระเหย เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้องหรือแช่เย็น	1 ปี
คาร์บอนอินทรีย์รวม	ขวดแก้วสี่ขาขนาด 50 มล. รองฝาด้วย teflon หรืออะลูมิเนียมฟอยล์ หรือใช้ ampule แก้วที่ปิดฝาด้วยการหลอมแก้ว	เผาที่ 400°C แล้วล้างด้วย 10% H ₃ PO ₄ หรือ H ₂ SO ₄ และ DW ตามลำดับ	ไม่ต้องกรอง	H ₃ PO ₄ หรือ H ₂ SO ₄ เข้มข้นให้ pH <2 (ประมาณ 0.1 มล. ต่อน้ำทะเล 50 มล.) แช่เย็นในที่มืด	1 เดือน
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (รวมและฟิคอล)	ขวดแก้วขนาด 100–250 มล. พร้อมฝาที่สามารถถอดหรือหนึ่งฝาเชื่อมต่อได้	ผงซักฟอกในน้ำร้อนและ DW ตามลำดับ อบค่าเชื้อที่ 170°C ไม่น้อยกว่า 60 นาที หรือหนึ่งหม้อคววมดันทที่ 121°C ไม่น้อยกว่า 15 นาที	ไม่ต้องกรองและไม่ต้อง rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง	แช่เย็น	24 ชั่วโมง
คลอโรฟิลล์	ขวดพลาสติกขนาด 1–5 ลิตร	ผงซักฟอกและน้ำสะอาด	เยื่อกรองใยแก้วหรือเซลลูโลสอะซีเตตที่มีความสะอาด <1 um กรองภายใน 30 นาทีหลังเก็บตัวอย่าง	แยกกระดาดากรองใส่ตลับที่มีสแตนเลสและแช่แข็ง	7 วัน
อนุภาคแขวนลอยรวม	ขวดพลาสติกขนาด 1–5 ลิตร	ผงซักฟอกและน้ำสะอาด			

¹ ปริมาตรสำหรับการวิเคราะห์ 1 ขั้ว แก้ว = borosilicate

การสังเกตและตรวจวัดในภาคสนามที่ไม่ต้องเก็บตัวอย่าง

อุณหภูมิหน้าทะเล

วิธีการวัดอุณหภูมิของน้ำทะเลที่ดีที่สุดคือใช้เครื่องมือแบบ in situ เนื่องจากอุณหภูมิสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วตามอุณหภูมิรอบข้าง ทั้งนี้ยกเว้นอุณหภูมิผิวน้ำที่สามารถใช้การจ้วงตักและวัดทันทีด้วยเทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ in situ มีหลายแบบ ได้แก่

1. เทอร์โมมิเตอร์แบบหกกลับ เป็นเครื่องมือที่ใช้กันมานานในทางสมุทรศาสตร์สำหรับกรณี que อุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิน้ำ in situ ต่างกันไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำ in situ จะสามารถอ่านได้โดยตรงจากเทอร์โมมิเตอร์แบบปกปิด (protected) ซึ่งจะอ่านค่าได้ถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 แต่ถ้าความแตกต่างของอุณหภูมิมิมาก จำเป็นจะต้องนำค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ตัวรอง (auxiliary) มาร่วมคำนวณเพื่อแก้ค่าการขยายตัวของปรอทด้วย
2. Bathythermograph เป็นเครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิแบบต่อเนื่องซึ่งมีหลายแบบ เช่น mechanical bathythermograph (MBT) และ expendible bathythermograph (XBT) ซึ่งแบบหลังนี้เป็นที่นิยมในทางสมุทรศาสตร์ในปัจจุบัน XBT จะอาศัยหลักการจมตัว ด้วยความเร็วคงที่เพื่อใช้ประมาณค่าความลึกและจะส่งข้อมูลมาตามสายไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งเมื่อถึงความลึกหนึ่งสายก็จะขาดและหัววัดก็จะถูกทิ้งไป
3. เครื่องมือวัดการนำไฟฟ้า-อุณหภูมิ-ความลึก (CTD) จะได้กล่าวในรายละเอียดในส่วน of เครื่อง CTD

การรายงานผล

ให้รายงานในหน่วยเซลเซียส ทศนิยม 1 ถึง 3 ตำแหน่ง ขึ้นกับชนิดของเครื่องมือวัด

ความเค็ม

วิธีวัดความเค็มของน้ำทะเลที่เป็นที่ยอมรับทางสมุทรศาสตร์มีเพียง 2 วิธีเท่านั้น คือ วิธีการไตเตรตกับวิธีวัดการนำไฟฟ้า (conductivity) ซึ่งแบบหลังนี้เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดแบบ in situ ได้ ซึ่งเครื่องมือที่สำคัญก็คือเครื่อง CTD/STD ที่จะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป ในคู่มือนี้

ความลึก

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเราจำเป็นต้องทราบระดับความลึกที่แท้จริงของเครื่องมือเก็บน้ำทำงาน ซึ่งความลึกนี้ไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับความยาวสายที่ปล่อยออกไปเนื่องจากสายไม่ตั้งตึง วิธีการหาความลึกนั้นมีหลายวิธี คือ

การคำนวณจากมุมเอียง (รูปที่ 3)

1. ปลดสายสลิงหรือเชือกออกไปตามต้องการ และบันทึกความยาวสาย (1) ที่ปล่อยออกไป โดยอ่านจากรอกวัดระยะทางหรือจากเครื่องหมายบอกระยะทางที่ทำไว้บนสาย
2. วัดมุมที่สายเฉียงเบนออกจากแกนตั้งตั้ง (α) โดยใช้เครื่องมือวัดมุม (Inclinometer) การวัดจะต้องหมุนเครื่องวัดไปโดยรอบสายเพื่ออ่านค่ามุมที่มากที่สุด
3. คำนวณความลึก (z) โดยใช้สมการ $z = l \cdot \cos(\alpha)$
4. รายงานผลในหน่วยเมตร ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

การคำนวณจากเทอร์โมมิเตอร์แบบหกกลีบ

1. ติดเทอร์โมมิเตอร์แบบหกกลีบชนิด protected และ unprotected เข้ากับเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำทุกตัวที่ต้องการทราบความลึก จดหมายเลขของเทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัว
2. ไปข้อมูลที่แนบมากับเทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัวมีความสำคัญมาก ถ้าหายไปเทอร์โมมิเตอร์ตัวนั้นก็อาจใช้งานไม่ได้
3. ตรวจสอบเทอร์โมมิเตอร์ทุกตัวโดยการหกกลับไปมาและตรวจว่าปรอทขาดและต่อใหม่ได้หรือไม่
4. หลังจากทำการเก็บน้ำและนำเครื่องมือกลับขึ้นบนเรือแล้ว รออย่างน้อย 10 นาที เพื่อให้อุณหภูมิของปรอทในเทอร์โมมิเตอร์เท่ากับอุณหภูมิอากาศ แล้วจึงอ่านค่าของเทอร์โมมิเตอร์หลัก (main) และเทอร์โมมิเตอร์รอง (auxiliary)
5. คำนวณความลึกตามวิธีในภาคผนวก ก.
6. รายงานผลในหน่วยเมตร หรือเดซิบาร์ ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

การใช้เครื่องวัดความลึกจากความกดตัน

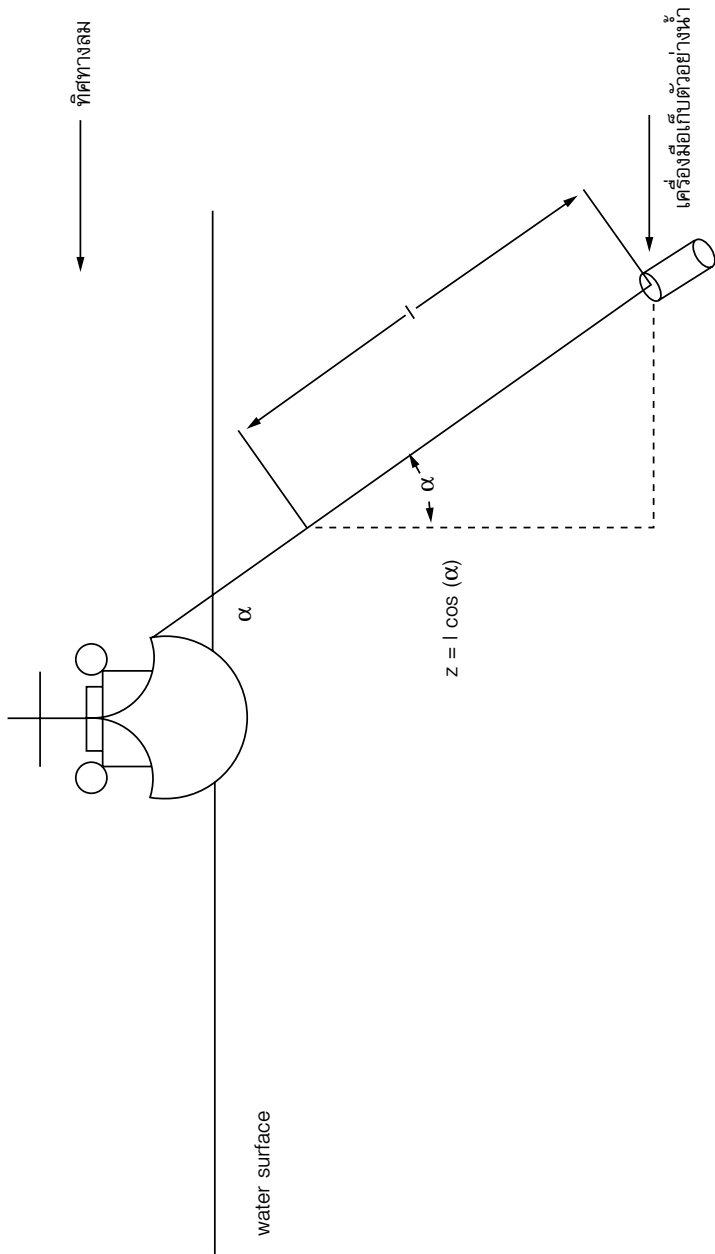
เครื่องมือวัดและบันทึกความลึกจากความกดตันมีหลายแบบ เช่น

1. หัววัดความกดตันที่เป็นส่วนของเครื่อง CTD
2. เครื่องวัดความลึกแบบอิสระ ซึ่งมีทั้งแบบที่บันทึกค่าไว้ในหน่วยความจำในตัวเครื่องหรือแบบที่ส่งข้อมูลขึ้นมาทางสายเคเบิลหรือส่งในรูปของคลื่นเสียงมายังภาครับที่อยู่ท้องเรือ (depth sounder) ซึ่งจะทำให้ทราบความลึกของเครื่องมือแบบ (real time)

ออกซิเจน

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดออกซิเจนแบบใช้งานภาคสนาม พร้อมสายที่ยาวเพียงพอกับความลึกที่ต้องการ หัววัดควรเป็นแบบที่มี stirrer หรือปั๊มปัดที่อยู่ด้วย
2. เชือกที่ทำเครื่องหมายบอกระยะทาง เพื่อใช้กับสายของเครื่องวัด
3. ตุ่มน้ำหนัก ขนาดประมาณ 2 กก.



การ calibrate เครื่องมือและการรายงานผล

ดูในส่วนของการวัดออกซิเจนในตัวอย่างน้ำ

สีและความโปร่งใสของน้ำทะเล

หลักการ

สีของน้ำทะเลที่ปรากฏแก่สายตามนุษย์เกิดจากการหักเหและการกระจายของแสงเมื่อส่องผ่านน้ำ สีและความเข้มของสีของน้ำทะเลจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น

- มุมตกกระทบของแสงและมุมมองของผู้ตรวจวัด
- ความสว่าง ช่วงของวัน และปริมาณเมฆ
- ปริมาณและชนิดของอนุภาคที่ลอยอยู่ในน้ำ
- ปริมาณและสีของสารละลายในน้ำ
- ความลึกของน้ำและแสงสะท้อนจากพื้นท้องทะเล
- สายตาและความชำนาญของผู้ตรวจวัด

การวิเคราะห์สีของน้ำทะเลและความโปร่งใสมักกระทำในเวลาเดียวกัน เนื่องจากการตรวจวัดทั้ง 2 ปัจจัยใช้เครื่องมือเดียวกัน

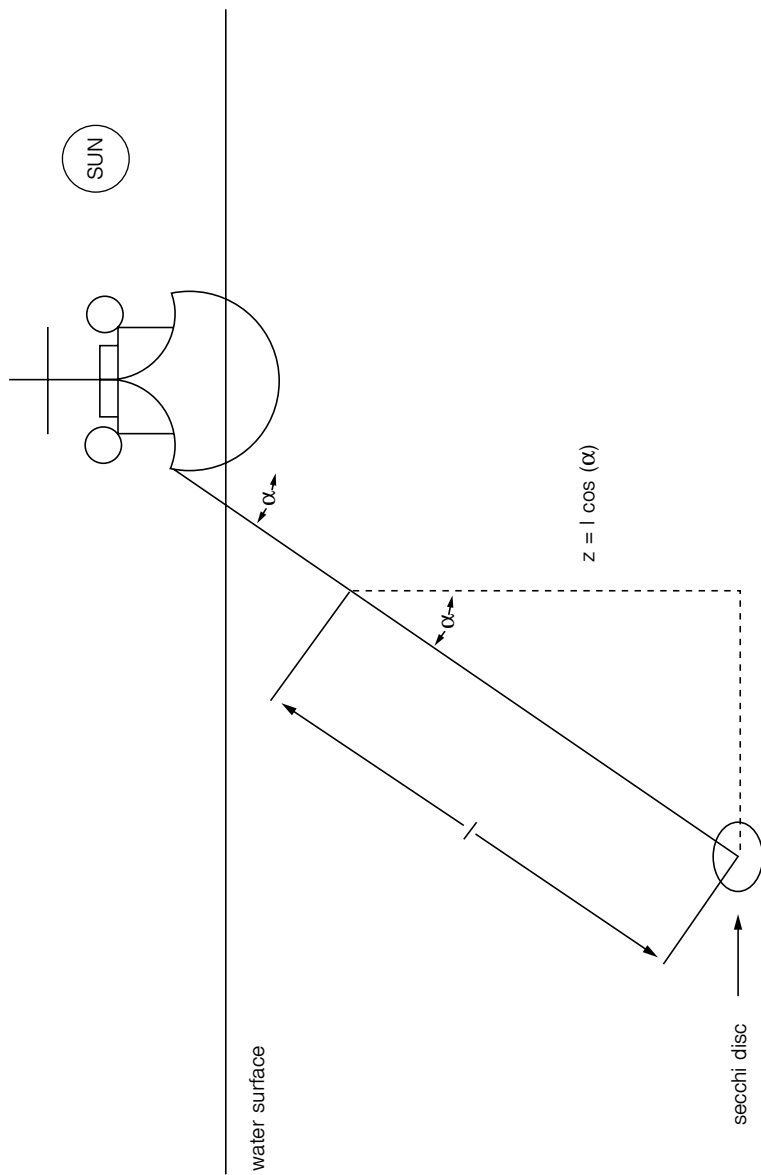
อุปกรณ์

- 1) แผ่นวัดความโปร่งใส (Secchi disk) เป็นแผ่นกลมสีขาวหรือขาวสลับดำอย่างละ 1 ใน 4 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. ตรงกลางแผ่นด้านบนมีแกนเพื่อใช้ผูกเชือกสำหรับหย่อนลงในน้ำ ตรงกลางแผ่นด้านล่างมีตุ้มน้ำหนัก 2-4 กก. เพื่อใช้ถ่วงให้แผ่นวัดจมลงในแนวตั้ง (รูปที่ 4)
- 2) สเกลฟอเรล (Forel scale) เป็นหลอดแก้วใสบรรจุสารละลายสีต่างๆ ตั้งแต่สีน้ำเงินถึงสีเขียวรวมทั้งหมด 11 แถบสี กล่องบรรจุหลอดควรมีพื้นหลังเป็นสีขาวเพื่อความชัดเจนในการมอง สารละลายสีเหล่านี้อาจจะเตรียมขึ้นเองตามภาคผนวก ข. หรือซื้อแบบสำเร็จรูปก็ได้
- 3) เชือกควรใช้เชือกถักขนาด 10 มม. และทำเครื่องหมายบอกระยะไว้บนเชือก โดยที่ในช่วง 10 เมตรแรก ทำเครื่องหมายทุกครั้งเมตร หลังจากนั้นทำเครื่องหมายทุก 1 เมตร สำหรับบริเวณชายฝั่งเชือกขนาดยาว 20 เมตร ก็มักจะเพียงพอ แต่ในบริเวณห่างฝั่งเชือกที่ใช้อาจจะต้องยาวกว่า 50 เมตร
- 4) เครื่องวัดมุมเอียงจำเป็นสำหรับน้ำที่มีความโปร่งใสมากกว่า 20 เมตร หรือกระแสน้ำแรงจนทำให้มุมเอียงของสายมากกว่า 10 องศาจากแนวตั้ง

วิธีการวัด (รูปที่ 4)

- 1) หย่อนแผ่นวัดความโปร่งใสลงในน้ำทะเลทางกราบเรือด้านเงามืดที่ตรงข้ามดวงอาทิตย์ (ด้านที่มีเงาจะมองเห็นลงไปใต้น้ำได้ดีกว่า) โดยให้แผ่นวัดอยู่ที่ระดับความลึก 1 เมตร และใช้สเกลฟอเรลเทียบสีที่เห็นบนแผ่นวัด บันทึกหมายเลขของสีที่เทียบได้

รูปที่ 4 การวัดสีและความโปร่งใส



- 2) ในบางครั้งน้ำทะเลจะมีตะกอนมากและทำให้สีที่มองเห็นแตกต่างจากใช้เกลฟอเรลมาจนไม่สามารถบอกหมายเลขได้ ให้หมายเหตุอธิบายไว้ด้วย
- 3) ทำการวัดความโปร่งใสโดยหย่อนแผ่นวัดฯ ลงไปช้าๆ พร้อมกันจนกระทั่งมองไม่เห็นแผ่นวัด บันทึกความยาวของเชือก (l) และมุมเอียง (α) ณ จุดที่แผ่นวัดลึบตาไป หลังจากนั้นให้หย่อนแผ่นลงไปอีกประมาณ 2-3 เมตร และค่อยๆ สวขึ้นมาอย่างช้าๆ บันทึกความยาวของเชือกและมุมเอียง ณ จุดที่แผ่นวัดปรากฏขึ้นอีกครั้งหนึ่ง
- 4) คำนวณค่าความโปร่งใสในหน่วยเมตร ทั้งขาขึ้นและขาลงโดยสมการ $z = l \cdot \cos(\alpha)$ ค่าความโปร่งใสของน้ำทะเล ณ จุดสำรวจ คือค่าเฉลี่ยของขาขึ้นและขาลง
- 5) รายงานผลในหน่วยเมตร ความละเอียด 0.5 เมตร สำหรับช่วง 0 ถึง 9.5 เมตร และรายงานเป็นจำนวนเต็มสำหรับความโปร่งใสตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป

การตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

ทิศทางการคลื่น (Wave Direction)

ให้สังเกตทิศทางที่คลื่นพัดมา โดยให้เทียบกับทิศเหนือเป็น 0 องศา และบันทึกข้อมูลโดยใช้รหัส NODC O110 (WMO 0885) ดังนี้

รหัส	ทิศทาง (องศา)
00	ไม่มีคลื่น
01	5-14
02	15-24
03	25-34
04	35-44
05	45-54
06	55-64
07	65-74

ความสูงคลื่น (Wave Height)

สังเกตและบันทึกความสูงเฉลี่ยของคลื่น วัดจากยอดคลื่นถึงท้องคลื่น องศา และบันทึกข้อมูลโดยใช้รหัส NODC O104 (WMO 1555) ดังนี้

รหัส	ความสูงคลื่น
0	น้อยกว่า ๗ เมตร (1 ฟุต)
1	๗ เมตร (1 ๗ ฟุต)
2	1 เมตร (3 ฟุต)
3	1 ๗ เมตร (5 ฟุต)

รหัส	ความสูงคลื่น
4	2 เมตร (6 ฝ ฟุต)
5	2 ฝ เมตร (8 ฟุต)
6	3 เมตร (9 ฝ ฟุต)
7	3 ฝ เมตร (11 ฟุต)
8	4 เมตร (13 ฟุต)
9	4 ฝ เมตร (14 ฟุต)
x	ไม่ได้วัด

หมายเหตุ

1. ตารางนี้ใช้กับคลื่นที่มีความสูงน้อยกว่า 4 ฝ เมตรเท่านั้น
2. ถ้าไม่สามารถวัดความสูงคลื่นได้ให้ใช้ค่าสภาวะของทะเล (sea state) แทน

คาบของคลื่น (Wave Period)

ได้แก่ระยะเวลาเป็นวินาทีระหว่างคลื่นแต่ละลูก ใช้การสังเกตโดยจับเวลาว่าในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 30 วินาที มีคลื่นวิ่งผ่านจุดอ้างอิงเช่นหลักที่ปักไว้ หรือกราบเรือ เป็นต้น ที่ลูก และหารออกมาเป็นระยะเวลาเฉลี่ยต่อ 1 ลูก บันทึกข้อมูลโดยใช้รหัส NODC 0378 (WMO 3155) ดังนี้

รหัส	คาบ (วินาที)
0	20-21
1	มากกว่า 21
2	5 หรือน้อยกว่า
3	6-7
4	8-9
5	10-11
6	12-13
7	14-15
8	16-17
9	18-19
x	ไม่มีคลื่นหรือไม่ได้ตรวจวัด

หมายเหตุ

1. ถ้าไม่สามารถตรวจวัดคาบของคลื่นได้ให้ใช้ค่าสภาวะของทะเล (sea state) แทน

สภาวะของทะเล (Sea State)

ในกรณีที่ไม่สามารถตรวจวัดความสูงและคาบของคลื่นได้ ให้พิจารณาสภาวะของผิวทะเลและความสูงคลื่นประกอบกัน และบันทึกข้อมูลโดยใช้รหัส NODC 0109 (WMO 3700) ดังนี้

รหัส	สภาวะของทะเล	ความสูงคลื่น
0	ทะเลสงบเป็นแผ่นกระจก	0 เมตร (0 ฟุต)
1	มีพริ้วคลื่น	0 - 0.1 เมตร (0 - 1/3 ฟุต)
2	ทะเลเรียบ	0.1 - 0.5 เมตร (1/3 - 1 2/3 ฟุต)
3	มีคลื่นเล็กน้อย	0.5 - 1.25 เมตร (1 2/3 - 4 ฟุต)
4	มีคลื่นปานกลาง	1.25 - 2.5 เมตร (4 - 8 ฟุต)
5	มีคลื่นจัด	2.5 - 4 เมตร (8 - 13 ฟุต)
6	มีคลื่นจัดมาก	4 - 6 เมตร (13 - 20 ฟุต)
7	มีคลื่นขนาดใหญ่	6 - 9 เมตร (20 - 30 ฟุต)
8	มีคลื่นขนาดใหญ่มาก	9 - 14 เมตร (30 - 45 ฟุต)
9	มีคลื่นขนาดใหญ่พิเศษ	มากกว่า 14 เมตร (45 ฟุต)

ทิศทางลม (Wind Direction)

ให้สังเกตทิศทางที่ลมพัดมา โดยให้เทียบกับทิศเหนือเป็น 0 องศา และบันทึกข้อมูลโดยใช้รหัส NODC 0110 (WMO 0885) เช่นเดียวกับทิศทางของคลื่น

ความเร็วลม (Wind Speed)

บันทึกความเร็วของลมที่วัดได้ด้วยเครื่องมือวัดลม ในหน่วยนอตหรือเมตรต่อวินาที หรือหน่วยใดที่เครื่องวัดแสดงผล แต่ให้ระบุหน่วยในกระดาดบันทึกข้อมูลให้ชัดเจน ถ้าไม่มีเครื่องมือวัดความเร็วลมให้บันทึกความแรงของลมตามเกณฑ์ของโบฟอร์ตแทน



BEAUFORT FORCE 0



BEAUFORT FORCE 1



BEAUFORT FORCE 2



BEAUFORT FORCE 3



BEAUFORT FORCE 4



BEAUFORT FORCE 5



BEAUFORT FORCE 6



BEAUFORT FORCE 7



BEAUFORT FORCE 8



BEAUFORT FORCE 9



BEAUFORT FORCE 10



BEAUFORT FORCE 11

รูปที่ 5 แรงลมตามเกณฑ์โบฟอร์ต

ความแรงของลม (Wind Force)

ในกรณีที่ไม่มีเครื่องมือวัดความเร็วลม ให้สังเกตความแรงของลมประกอบกับความสูงคลื่นและบันทึกความแรงลมตามเกณฑ์ของโบฟอร์ต (NODC 0052) ดังนี้

รหัส	ลักษณะ	ลม (นอต)	ลม (เมตร/วินาที)	ลม (กม./ชม.)	ความสูงคลื่น (ฟุต)	ลักษณะคลื่น
0	อากาศนิ่งสนิท	<1	0 - 0.2	<1	<0.25	ทะเลเรียบคล้ายกระจก
1	ลมเบา	1 - 3	0.3 - 1.5	1 - 5	0.25	มีฟริ้วคลื่น
2	ลมอ่อน	4 - 6	1.6 - 3.3	6-11	0.5	มีคลื่นเป็นลูกสั้นๆ แต่ยังไม่แตกฟอง
3	ลมเฉื่อย	7 - 10	3.4 - 5.4	12 - 19	2	มีคลื่นแตกฟองนานๆ ครั้ง
4	ลมปานกลาง	11 - 16	5.5 - 7.9	20 - 28	4	เริ่มมีคลื่นลูกยาวและแตกฟองมากขึ้น
5	ลมค่อนข้างจัด	17 - 21	8.0 - 10.7	29 - 38	6	คลื่นเป็นลูกยาวอย่างชัดเจนมีการแตกฟองทั่วไป
6	ลมจัด	22 - 27	10.8 - 13.8	39 - 49	10	เริ่มมีฝอยน้ำกระจายตามลม
7	ใกล้พายุ	28 - 33	13.9 - 17.1	50 - 61	14	ฝอยน้ำกระจายตามลมมากขึ้น
8	พายุ	34 - 40	17.2 - 20.7	62 - 74	16	มีฝอยน้ำกระจายทั่วไป
9	พายุจัด	41 - 47	20.8 - 24.4	75 - 88	23	ฝอยน้ำกระจายมากจนทำให้ทัศนวิสัยลดลงมาก

ความกดอากาศ

บันทึกค่าความกดอากาศที่วัดได้จากเครื่องบาโรมิเตอร์ รายงานผลในหน่วยมิลลิบาร์ หรือเฮกโตปาสกาล ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

อุณหภูมิอากาศ

บันทึกค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ที่แห้ง ที่อยู่ในที่ร่ม และมีอากาศถ่ายเทดีรายงานผลในหน่วยเซลเซียส ทศนิยม 1-2 ตำแหน่ง

ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นเปอร์เซ็นต์อาจจะวัดได้โดยตรงโดยเครื่องมือวัดความชื้น แต่ถ้าไม่มีอาจจะคำนวณจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้โดยเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก (แบบติดตั้งกับที่หรือแบบแก้ว) ตามตารางในภาคผนวก ข รายงานผลในหน่วยเปอร์เซ็นต์ เป็นเลขจำนวนเต็ม

ปริมาณและชนิดของเมฆ

ปริมาณของเมฆให้สังเกตโดยแบ่งท้องฟ้าออกเป็น 8 ส่วน (okta) หรือ 10 ส่วน ตามแต่จะถนัด แล้วประมาณว่ามีเมฆปกคลุมกี่ส่วน และบันทึกข้อมูลโดยใช้รหัส NODC 0105 (WMO 2700) ดังนี้

รหัส	ปริมาณเมฆ
0	0 (ไม่มีเมฆ)
1	ไม่เกิน 1 oktas หรือไม่เกิน 1/10 แต่ไม่ใช่ 0
2	2 oktas หรือ 2/10-3/10
3	3 oktas หรือ 4/10
4	4 oktas หรือ 5/10
5	5 oktas หรือ 6/10
6	6 oktas หรือ 7/10 - 8/10
7	ตั้งแต่ 7 oktas แต่ไม่ถึง 8 หรือ ตั้งแต่ 9/10 แต่ไม่ถึง 10/10
8	8 oktas หรือ 10/10 (ท้องฟ้ามีเมฆทั้งหมด)
9	ไม่สามารถตรวจวัดได้

บันทึกชนิดของเมฆที่เด่นที่สุดโดยใช้รหัส NODC 0053 (WMO 0500) ดังนี้

รหัส	ชนิด	ระดับความสูง	ลักษณะ
0	Cirrus	สูง	เป็นฝอยคล้ายขนนก มีสีขาว มักจะมองเห็นเป็นกลุ่มหรือสายยาวๆ แต่ไม่ติดกันเป็นพืด
1	Cirrocumulus	สูง	เป็นแผ่นสีขาวบาง แลดูคล้ายปุยฝ้าย ในบางครั้งอาจจะมองเห็นผิวขรุขระบ้าง
2	Cirrostratus	สูง	สีขาวบางเนื้อละเอียดเหมือนผ้าปกคลุมเป็นบริเวณกว้าง มีลักษณะโปร่งแสง บางครั้งจะมองเห็นพระอาทิตย์หรือพระจันทร์ทรงกลมด้วย
3	Alto cumulus	ปานกลาง	เป็นลอนคลื่น มีสีขาวทึบหรือสีเทา
4	Altostratus	ปานกลาง	เป็นแผ่นค่อนข้างเรียบสีเทาหรือน้ำเงินดบังท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านได้แต่จะไม่เกิดพระอาทิตย์ทรงกลม
5	Nimbostratus	ปานกลาง	สีเทาเข้มทึบแสงและมีฝนเกิดติดตามมาด้วย
6	Stato cumulus	ต่ำ	สีเทาหรือขาวทึบ ส่วนฐานมักมีลักษณะห้อยย้อยลงมาในขณะที่ส่วนยอดมักจะแบนราบ
7	Stratus	ต่ำ	เป็นแผ่นเรียบสีเทา ลอยตัวใกล้ผิวดิน มักจะไม่ทำให้เกิดฝน
8	Cumulus	ต่ำ	สีขาวทึบ มีลักษณะเป็นก้อนที่ฐานแบนราบและมีส่วนยอดที่สูงและมีลักษณะเป็นตุ่มก้อน โดยทั่วไปมักจะไม่ง่ายให้เกิดฝน แต่มักจะเกิดในวันที่อากาศสดใส
9	Cumulonimbus	ต่ำ	เป็นก้อนขนาดใหญ่สีเทาเข้ม ทนหนาหนักและทึบแสง มักจะมีฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นด้วย
x			ไม่สามารถตรวจสังเกตได้



cirrus 1



cirrus 2



cirrus 3



cirrus 4



cirrocumulus 1



cirrocumulus 2



cirrocumulus 3



cirrostratus 1



cirrostratus 2



cirrostratus 3



altocumulus 1



altocumulus 2

รูปที่ 6 ชนิดต่างๆ ของเมฆ



allocumulus 3



allostratus 1



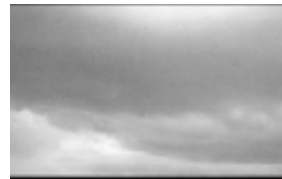
allostratus 2



allostratus 3



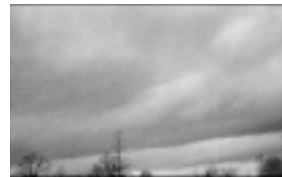
nimbostratus 1



nimbostratus 2



stratocumulus 1



stratocumulus 2



stratocumulus 3



stratocumulus 4



stratus 1



cumulus 1

รูปที่ 6 (ต่อ) ชนิดต่างๆ ของเมฆ



cumulus 2



cumulus 3



cumulus 4



cumulus 5



cumulus 6



cumulus 7



cumulonimbus 1



cumulonimbus 2



cumulonimbus 3



cumulonimbus 4

รูปที่ 6 (ต่อ) ชนิดต่างๆ ของเมฆ

สภาพอากาศ

บันทึกสภาพอากาศโดยใช้รหัส NODC 0108 (WMO 4501) ดังนี้

รหัส	สภาพอากาศ
0	อากาศปลอดโปร่ง ไม่มีเมฆ
1	ท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน เมฆกระจายเป็นหย่อม ๆ
2	ท้องฟ้ามีเมฆเป็นส่วนมาก เมฆต่อเนื่อง
3	พายุทราย พายุฝุ่น หรือพายุหิมะ
4	หมอกหรือฟ้าหลัว
5	ละอองฝนเม็ดละเอียด (drizzle)
6	ฝน (rain)
7	หิมะหรือหิมะปนฝน
8	ฝนที่เป็นท่าสั้น ๆ (shower)
9	ฝนฟ้าคะนอง

เครื่องวัดการนำไฟฟ้า-อุณหภูมิ-ความลึก (CTD, STD, CT, ST)

เครื่องมือในกลุ่มนี้จะประกอบด้วยหัววัดอย่างน้อย 2 ชนิด คือหัววัดการนำไฟฟ้า และหัววัดอุณหภูมิ ซึ่งนำไปคำนวณค่าความเค็มอีกทีหนึ่ง โดยที่ Unesco ได้กำหนดสมการที่ใช้คำนวณความเค็มที่เรียกว่า Practical Salinity Scale 1978 (PSS-78) ค่าความเค็มที่คำนวณได้จะแตกต่างจากความเค็มจากความหมายดั้งเดิมที่แสดงในรูปส่วนในพันส่วนเล็กน้อย ดังนั้นค่าความเค็มที่ได้จากการนำไฟฟ้าจะต้องระบุไว้เสมอว่าเป็น PSS-78 หรืออาจจะใช้หน่วย (psu (practical salinity unit) แทนก็ได้

นอกจากหัววัดการนำไฟฟ้าและหัววัดอุณหภูมิแล้ว ผู้ผลิตมักจะติดหัววัดความดันเพื่อนำมาคำนวณความลึก นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มหัววัดทางเคมีต่างๆ เช่น ออกซิเจน pH เป็นต้น

เครื่อง CTD สามารถอ่านและบันทึกค่าได้อย่างต่อเนื่อง สำหรับเครื่อง CTD ที่ใช้สำหรับการวัด profile ของอุณหภูมิและความเค็มควรมีความถี่ของการอ่านค่าไม่ต่ำกว่า 3 ครั้งต่อวินาที ข้อมูลที่อ่านได้อาจจะเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องหรือส่งผ่านสายเคเบิลขึ้นมาบนเรือก็ได้

การใช้เครื่อง CTD ทำ profile

1. ก่อนทำการวัดควรแช่เครื่อง CTD ไว้ที่ผิวน้ำอย่างน้อย 1 นาทีเพื่อให้หัววัดปรับตัว
2. ความเร็วในการหย่อนลงและดึงขึ้นจะขึ้นกับความถี่ของการอ่านค่าของเครื่อง โดยที่ในระยะ 1 เมตร ควรมีข้อมูลไม่ต่ำกว่า 5 ค่า เป็นต้นว่าเครื่องมีความถี่การอ่าน 3 ครั้งต่อวินาที ความเร็วสูงสุดจึงไม่ควรจะเกิน $3/5 = 0.6$ เมตรต่อวินาที อย่างไรก็ตามก็แม้ว่าใช้

เครื่องที่มีความถี่สูงๆ ก็ไม่ควรหย่อนด้วยความเร็วเกินกว่า 1.5 เมตรต่อวินาทีเพราะหัวอ่านต่างๆ จะตอบสนองไม่ทัน

3. ควรมีการวัดความยาวสายหรือมิฉะนั้นเชือกที่ใช้จะต้องมีเครื่องหมายบอกความยาว
4. เช็ควัสดุของพื้นทะเลก่อนหย่อนเครื่องมือ โดยใช้เครื่องเอกโคซานเดอร์หรือใช้ตั้งหยั่งน้ำ และหย่อนเครื่อง CTD ให้อยู่เหนือพื้นอย่างน้อย 5 เมตรเซ็นต์ของความลึก แต่ไม่น้อยกว่า 2 เมตร
5. ควรทำการถ่ายโอนข้อมูลจากตัวเครื่องโดยเร็วที่สุดหลังจากวัดเสร็จและมี backup ข้อมูลติดอย่างน้อย 1 ชุด
6. บันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในแบบบันทึกข้อมูล high resolution CTD หรือ low resolution CTD

การดูแลรักษาเครื่อง CTD

1. ล้างเครื่องมือด้วยน้ำจืดทันทีหลังใช้งานเสร็จโดยเฉพาะเมื่อใช้งานในน้ำสกปรกหรือมีตะกอนมาก
2. ส่งเครื่องไปทำการ calibrate ที่บริษัทผู้ผลิตหรือศูนย์บริการที่ได้รับการรับรอง อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
3. ถ้าเป็นไปได้ ควรตรวจสอบข้อมูลของเครื่อง CTD กับค่าอุณหภูมิและความเค็มอย่างละเอียดที่ตรวจวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์แบบหกกลับและเครื่องวัดความเค็มในห้องปฏิบัติการ และถ้าจำเป็นอาจจะต้องปรับค่าคงที่ของการ calibrate ใหม่ (ดูคู่มือของเครื่อง)

ข้อมูลที่ได้จากเครื่อง CTD ควรจะเก็บในรูปแบบมาตรฐานซึ่งกำหนดโดย National Oceanographic Data Center ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานของการแลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับ Low-resolution CTD/STD data (C022) และ high-resolution CTD/STD data (F022) อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลถูกเก็บในรูปแบบอื่นก็จะต้องมีรายละเอียดพาดหัว (header) อธิบายเกี่ยวกับ format ที่ใช้

การวิเคราะห์หรือตรวจวัดตัวอย่างน้ำที่เก็บขึ้นมาสำหรับปัจจัยบางตัวที่ต้องทำทันทีในภาคสนาม

อุณหภูมิหน้าผิวน้ำ (แบบจุ่มวัด)

อุปกรณ์

1. ถังที่ไม่ใช่โลหะขนาดไม่น้อยกว่า 10 ลิตร
2. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทหรือแบบแอลกอฮอล์ (ควรเป็นแบบที่สำหรับวัดในช่วงอุณหภูมิ 20-50 องศาเซลเซียส และควรเป็นแบบที่ขีดบอกสเกลสลักลงไปบนเนื้อแก้วเพื่อไม่ให้เกิดการลบเลือน) หรือใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิหน้าทะเลควรอ่านได้ละเอียดอย่างน้อยทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ไม่มี

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

ผงซักฟอกและน้ำสะอาด

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

ไม่มี

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ต้องวัดทันที

วิธีการวัดหรือวิเคราะห์ในภาคสนาม

1. ใช้ถังจ้วงตักน้ำที่ผิวหน้า
2. ทำการวัดทันทีด้วยเทอร์โมมิเตอร์ โดยจุ่มไว้อย่างน้อย 30 วินาที คนน้ำในถังเบา ๆ
3. อ่านอุณหภูมิน้ำในขณะที่ยังเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ในน้ำ

การควบคุมภาพ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลควรมีการตรวจสอบความถูกต้อง อย่างน้อยปีละครั้ง

หมายเหตุ

1. การใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ถ้าเกิดการแตกและปรอทรั่วไหลให้ assume ไว้ก่อนว่าตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างที่อยู่ในบริเวณนั้นน่าจะมีการปนเปื้อน

ความเค็ม (แบบใช้เครื่องมือจุ่มวัด)

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดความเค็ม หรือ
2. เครื่องมือวัดการนำไฟฟ้าของน้ำ
3. เทอร์โมมิเตอร์แก้วหรือไฟฟ้า ถ้าเครื่องตามข้อ 2 ไม่มีอยู่ในตัว

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดแก้วหรือพลาสติกปากกว้างพอที่จะจุ่มหัววัดลงไปได้ ปริมาตรอย่างน้อย 100 มล. มีฝาปิดสนิท

2. ในกรณีที่ปฏิบัติงานในน้ำชุ่นและต้องมีการกรอง ให้เตรียมขวดขนาด 2 เท่า ของขวดตามข้อ 1 ไปด้วยในจำนวนเท่ากัน

สารเคมี

1. น้ำทะเลมาตรฐานปฐมภูมิ ซึ่งผลิตโดยสถาบันที่ได้รับการรับรอง เช่น Institute of Oceanographic Services, Warmley, Godalming, Surrey, England เป็นต้น
2. น้ำทะเลมาตรฐานทุติยภูมิเตรียมขึ้นโดยการกรองน้ำทะเลที่เก็บจากบริเวณห่างฝั่งด้วยเยื่อกรองที่มีขนาดตากรอง 0.45 μm วัดค่าความเค็มหรือการนำไฟฟ้าเทียบกับน้ำทะเลมาตรฐานปฐมภูมิ แล้วแบ่งใส่ขวดแก้วสะอาด 100 มล. ปิดฝาให้สนิทน้ำทะเลมาตรฐานทุติยภูมินี้ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนปฏิบัติการ

เยื่อกรอง

เยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ขนาดตากรองน้อยกว่า 1.5 μm

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. น้ำสะอาด ใช้ผงซักฟอกถ้าจำเป็น
2. Rinse ด้วยน้ำตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้งก่อนบรรจุตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่จำเป็น

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

สายยาง

กรรกรองน้ำตัวอย่าง

1. จำเป็นต้องกรองเฉพาะในกรณีที่น้ำมีความขุ่นมากจนมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากตะกอนจะรบกวนการนำไฟฟ้า
2. ใช้น้ำประมาณ 50 มล. แรกที่ผ่านกระดาษกรอง rinse ขวดบรรจุตัวอย่าง 2 ครั้ง
3. ถ้าเยื่อกรองอุดตันให้เปลี่ยนแผ่นใหม่ และทิ้งน้ำประมาณ 20 มล. แรกที่ผ่านกระดาษกรอง การเก็บรักษาตัวอย่าง

ปิดฝาขวดให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหย ตัวอย่างที่เก็บในขวดแก้ว borosilicate อาจอยู่ได้ถึง 1 ปี

วิธีการวัดหรือวิเคราะห์ในภาคสนาม

1. ตั้งน้ำทิ้งไว้ให้อุณหภูมิคงที่
2. จุ่มหัววัดลงในขวดพร้อมแก้วชวดต่างๆ ขณะวัดจนกระทั่งค่าที่อ่านได้คงที่ บันทึกค่าความเค็มหรือค่าการนำไฟฟ้าที่อ่านได้
3. บันทึกอุณหภูมิของน้ำที่วัด

การควบคุมคุณภาพ

1. สำหรับเครื่องมือที่สามารถจำค่า calibration ได้หลังจากปิดสวิตซ์ ให้ calibrate เครื่องมือเทียบกับน้ำทะเลมาตรฐานปฐมภูมิ (และน้ำกลั่น ถ้าคู่มือเครื่องระบุให้ทำด้วย) อย่างน้อย

1. ครั้งก่อนการออกปฏิบัติงาน และควร calibrate ซ้ำทุก ๆ 2-3 วัน หรือถี่กว่านั้น ถ้าเครื่องแสดงอาการ drift มาก
2. สำหรับเครื่องมือที่ไม่สามารถจำค่า calibration ได้ จะต้อง calibrate เครื่องมือเทียบกับ น้ำทะเลมาตรฐานปรุสมภูมิ (ถ้ามีงบประมาณเพียงพอ) หรือเทียบกับน้ำทะเลมาตรฐานทุติยภูมิ (และน้ำกลั่น ถ้าคู่มือเครื่องระบุให้ทำด้วย) ทุกครั้งเมื่อเปิดเครื่องหรือถี่กว่านั้น ถ้าเครื่องแสดงอาการ drift มาก
3. หลังจากวัดตัวอย่างไปได้ประมาณ 10-15 ตัวอย่าง ให้ลองวัดน้ำทะเลมาตรฐานทุติยภูมิ เพื่อตรวจสอบการ drift ถ้ามีการ drift มากกว่า 0.1 psu สำหรับเครื่องที่อ่านได้ 1 ตำแหน่ง หรือ 0.01 psu สำหรับเครื่องที่อ่านได้ 2 ตำแหน่ง หรือ 0.005 psu สำหรับเครื่องที่อ่านได้มากกว่า 2 ตำแหน่ง ให้ทำการ calibrate ตามข้อ 1 หรือ 2 ใหม่
4. ควรมีการทำซ้ำกับตัวอย่างอย่างน้อย 10 เเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมดในการวัดแต่ละชุด
 1. ในการ calibrate เครื่องมือวัดความเค็มหรือวัดการนำไฟฟ้าจะต้องปฏิบัติทุกอย่างแบบเดียวกับการวัดตัวอย่าง เช่น แกว่งขวดด้วยความเร็วเท่ากัน รอให้ค่าที่อ่านได้หนึ่งเป็นเวลาเท่าๆ กัน เป็นต้น
 2. ควรจัดน้ำทะเลที่ทำการวัดในแต่ละชุดให้มีความเค็มใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้สามารถจุ่มวัดต่อกันไปโดยไม่ต้องล้างหัววัด เพียงแต่ซับน้ำส่วนเกินออกก็พอ แต่การเปลี่ยนชุดตัวอย่างที่มีความต่างกันมากควรจุ่มหัววัดลงในตัวอย่าง dummy เพื่อปรับให้หัววัดคุ้นเคยกับช่วงความเค็มใหม่เสียก่อน
 3. ถ้าไม่จำเป็นไม่ควรล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นระหว่างการวัดตัวอย่าง เพราะการสลับเปลี่ยนความเค็มในช่วงกว้างจะทำให้เครื่องต้องใช้เวลาช้านานเพื่อปรับตัว ถ้าจำเป็นต้องล้างด้วยน้ำกลั่นให้แช่หัววัดลงในตัวอย่าง dummy จนกระทั่งอ่านค่าคงที่ก่อนนำไปวัดตัวอย่าง
 4. เครื่องมือวัดความเค็มแบบที่ไม่ได้ใช้หลักการของการนำไฟฟ้า เช่น เครื่องวัดการหักเหแสง (refractometer) เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ (hydrometer) เป็นต้น มักจะเป็นเครื่องมือประมาณค่าความเค็มที่ให้ความละเอียดในช่วง ± 1 ถึง 2 ส่วนในพันส่วนซึ่งไม่เหมาะกับงานทางสมุทรศาสตร์

ออกซิเจน

ตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ออกซิเจนจะเป็นตัวอย่างแรกที่ถ่ายออกจากเครื่องมือ เก็บน้ำเสมและต้องทำทันทีที่นำเครื่องมือเก็บน้ำขึ้นมาบนเรือ

การวิเคราะห์แบบ Winkler Titration

อุปกรณ์

1. สายยางดิน (latex) สำหรับถ่ายน้ำจากเครื่องมือเก็บน้ำลงในขวด BOD
2. Autopipette หรือปิเปตแก้วขนาด 100 มล. สำหรับขวด BOD ขนาด 300 มล.

3. กระบอกตวงขนาด 100 มล.
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
5. บิวเรตไฟฟ้าหรือบิวเรตแก้วที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มล.
6. เครื่องคนสารแบบแม่เหล็ก
7. หลอดหยด
8. ขวดฉีดน้ำกลั่น

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวด BOD แก้วขนาด 100 – 300 มล. ที่ทราบปริมาตรของแต่ละใบอย่างแน่นอน โดยการเติมน้ำกลั่นและปิดจุกพร้อมเช็ดขวดให้แห้ง ซึ่งน้ำหนักของขวดที่มีน้ำและลบด้วยน้ำหนักขวดเปล่า

สารเคมี

1. สารละลายแมงกานีส (II) คลอไรด์
ละลาย $MnCl_2 \cdot 5H_2O$ 40 กรัม ในน้ำกลั่นและเติมน้ำกลั่นจนปริมาตร เป็น 100 มล.
เก็บสารละลายในขวดแก้วหรือพลาสติก
2. สารละลายอัลคาไลไฮโอไดต์
ละลาย NaI 60 กรัมในน้ำกลั่น 60 มล. และละลาย $NaOH$ 30 กรัมในน้ำกลั่น 40 มล.
จากนั้นนำสารละลายทั้งสองมาผสมกัน เก็บสารละลายในขวดพลาสติก ห้ามใช้ขวดแก้ว
3. กรดซัลฟูริก (50% โดยปริมาตร)
เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 50 มล. ลงในน้ำกลั่น 50 มล. อย่างช้าๆ โดยให้หล่นภาชนะ
ด้วยเนื่องจากจะมีความร้อนเกิดขึ้นมากในระหว่างการผสม เก็บสารละลายในขวดแก้ว
ถ้าจะเก็บเป็นเวลานาน หรือขวดพลาสติกก็ได้ถ้าจะเก็บเป็นเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์
4. น้ำแป้ง
ละลายแป้ง soluble starch 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล. ต้มให้เดือด น้ำแป้งนี้ไม่ควรเก็บไว้
เกิน 1 สัปดาห์ เก็บน้ำแป้งในขวดแก้วหรือพลาสติก
5. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (ประมาณ 20 มิลลิโมลต่อลิตร)
ละลาย $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 0.495 กรัมในน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 100 มล.
เก็บสารละลายในขวดแก้วหรือพลาสติก ในที่มืด
6. สารละลายมาตรฐานไอโอดेट (1.667 มิลลิโมลต่อลิตร)
ละลาย KIO_3 ชนิดสำหรับงานวิเคราะห์ (analytical grade) ซึ่งอบแห้งที่ $115^\circ C$ จำนวน
0.3567 กรัม ในน้ำกลั่นและเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1000 มล. โดยใช้ volumetric
flask ซึ่งถ้าน้ำหนักที่ชั่งได้ลาดเคลื่อนไปจากนี้บ้าง ก็ให้คำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงใหม่
โดยใช้น้ำหนักโมเลกุลของ KIO_3

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. น้ำสะอาด ใช้ผงซักฟอกถ้าจำเป็น

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

ถ่ายน้ำตัวอย่างจากเครื่องมือเก็บน้ำลงในขวด BOD โดยใช้สายยางต่อเข้ากับเครื่องมือเก็บน้ำ เปิดวาล์วให้น้ำไหลด้วยความเร็วพอประมาณและขยับสายเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากสายยางให้หมด บีบสายยางเพื่อหยุดน้ำแล้วจึงสอดสายยางลงไปถึงก้นขวด ค่อยๆ คลายการบีบเพื่อให้น้ำไหลอย่างช้าๆ และเอียงขวดเพื่อช่วยให้ปลายสายยางจมอยู่ใต้ผิวน้ำ เมื่อระดับน้ำสูงประมาณ 1 ใน 3 ของขวดจึงคลายการบีบเพื่อให้น้ำไหลอย่างเต็มที่แต่ต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ปล่อยให้ น้ำล้นออกทางปากขวดอย่างน้อย 1 เท่าของปริมาตรของขวด BOD ที่ใช้แล้ว จึงค่อยๆ ถอนสายยางออกทางปากขวดโดยที่ยังคงปล่อยให้ น้ำไหลตลอดเวลากระทั่งปลายสายยางพ้นปากขวด ปิดจุกขวดอย่างระมัดระวังแต่ต้องให้แน่นสนิทและไม่มีฟองอากาศอยู่ภายใน ถ้ามีฟองอากาศให้เททิ้งและทำใหม่

การกรองน้ำตัวอย่าง

ห้ามกรอง

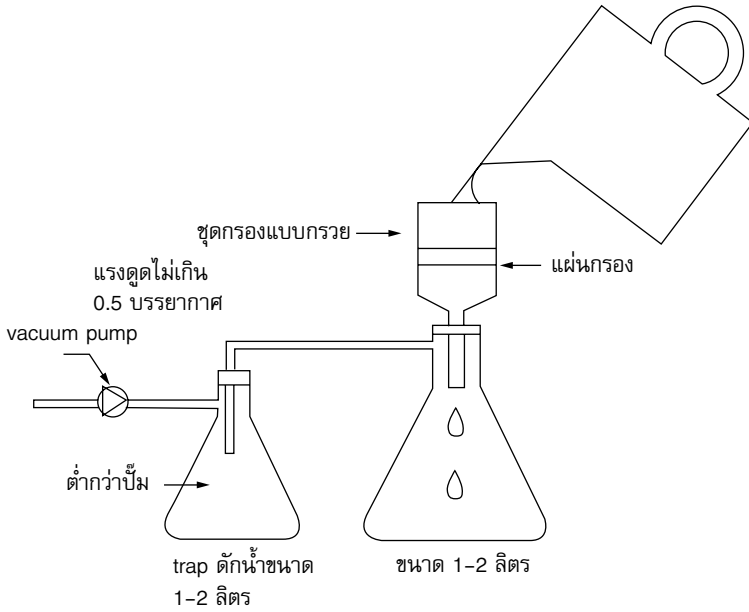
การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. เดิมสารละลายแมงกานีส (II) คลอไรด์และอัลคาไลไฮไดรด์ตัวอย่างละ 1 มล. โดยจุ่มปลายปิเปตลงในน้ำและค่อยๆ ปล่อยให้ไม่ต้องเป่าปิเปตในจังหวะสุดท้ายเพราะจะทำให้เกิดฟอง ปิดจุกขวดอย่างระมัดระวังไม่ให้มีฟองอากาศ
2. พลิกขวดไปมาประมาณ 10 ครั้ง เพื่อให้สารละลายผสมกัน
3. ตัวอย่างที่มีออกซิเจนมาก (มีตะกอนสีน้ำตาลเกิดขึ้นมาก) จะสามารถเก็บได้ประมาณ 8 ชม. แต่ตัวอย่างที่มีออกซิเจนน้อย (มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย) ควรจะต้องรีบวิเคราะห์ภายใน 30 นาที
4. เก็บตัวอย่างในที่มืดและแช่เย็น

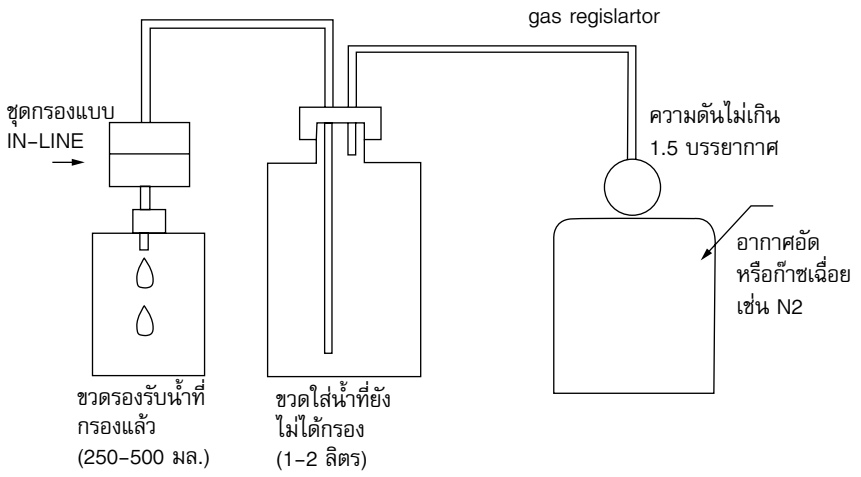
วิธีการวัดหาหรือวิเคราะห์ในภาคสนาม

1. ตั้งขวด BOD ที่ว่างในตะกอนที่เกิดขึ้นจมลงอย่างน้อยครึ่งขวด
2. เปิดจุกเพื่อเติมกรดซัลฟูริก (50%) จำนวน 1 มล.
3. ปิดจุกและพลิกขวดไปมาประมาณ 10 ครั้งเพื่อให้ตะกอนละลายจนหมด หลังจากเติมกรดแล้วควรทำการไตเตรตโดยเร็วมิฉะนั้นจะต้องเก็บในที่มืดสนิท เพราะว่าไอโอดีนที่เกิดขึ้นอยู่ถูกย่อยสลายได้โดยแสง
4. ตวงสารละลายจำนวน 100 มล. โดยใช้กระบอกตวง ใสลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. ถ้าขวด BOD ที่ใช้เป็นขนาด 100 มล. ให้ใช้ทั้งขวด
5. ค่อยๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตโดยใช้บิวเรตลงในขวดรูปชมพู่จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน คนสารละลายด้วยเครื่องคนสารแบบแม่เหล็กตลอดเวลา

การกรองแบบลดความดัน



การกรองแบบใช้ compresses gas



รูปที่ 7 การกรองน้ำตัวอย่าง

6. เติมน้ำแบ่งประมาณ 0.5 มล
7. ไตเตรตต่อจนกระทั่งได้สารละลายสีน้ำเงินอ่อน ฉีดน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อล้างด้านในของขวดรูปชมพู่
8. ไตเตรตจนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสารละลายใส จุดยุตินี้จะเสถียรอย่างน้อย 3-4 นาที
9. บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไป (Vs)
การหาค่า blank

ค่า blank ที่ไม่เป็น 0 มักจะเกิดจากมีไอโอดีนปนอยู่ในสารเคมีที่ใช้หรือว่าน้ำตัวอย่างมีระดับของไอโอดีนสูง ซึ่งจะต้องหาค่าแก้เพื่อนำมาหักออกจากปริมาณโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตน้ำตัวอย่าง โดยดำเนินการดังนี้

1. ใส่ น้ำทะเลประเภทเดียวกับน้ำตัวอย่างลงในขวด BOD จนเต็ม
2. เติมกรดซัลฟูริก 50% 1 มล. และสารละลายอัลคาไลน์ไอโอดด์ 1 มล.
3. ปิดจุกและพลิกขวดไปมาประมาณ 10 ครั้งเพื่อให้สารละลายผสมกัน
4. เปิดจุกเพื่อเติมสารละลายแมงกานีส (II) คลอไรด์ 1 มล. ปิดจุกและผสมสารละลายอีกครั้ง
5. ตวงสารละลายที่ได้ 100 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
6. เติมน้ำแบ่ง 0.5 มล. ถ้าได้สารละลายสีน้ำเงิน ให้ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ถ้าปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (Vb) เกินกว่า 0.1 มล. ให้เตรียมสารเคมีหมายเลข 1, 2 และ 3 ใหม่
7. ทำซ้ำข้อ 1-6 โดยใช้สารเคมีชุดใหม่ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (Vb)
8. หาค่า blank อย่างน้อย 3 ครั้งและนำมาเฉลี่ย

การ standardization เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต

1. ใส่ น้ำทะเลในขวดบีโอดีจนเต็ม
2. เติมกรดซัลฟูริก 50% 1 มล. และสารละลายอัลคาไลน์ไอโอดด์ 1 มล. ปิดจุกและผสมสารละลายในขวด
3. เปิดจุกเพื่อเติมสารละลายแมงกานีส (II) คลอไรด์ 1 มล. ปิดจุกและผสมสารละลายในขวดอีกครั้ง
4. ตวงสารละลายที่ได้ 100 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
5. เติมสารมาตรฐานโปแตสเซียมไอโอดेट 10.00 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ โดยใช้ปิเปตแบบ volumetric เขี่ยาขวด
6. ค่อยๆ เติมสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตโดยใช้บิวเรตลงในขวดรูปชมพู่จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน คนสารละลายด้วยเครื่องคนสารแบบแม่เหล็กตลอดเวลา
7. เติมน้ำแบ่งประมาณ 0.5 มล.
8. ไตเตรตต่อจนกระทั่งได้สารละลายสีน้ำเงินอ่อน ฉีดน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อล้างด้านในของขวดรูปชมพู่

9. ไตรเตรตจนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสารละลายใส จุดยุตินี้จะเสถียรอย่างน้อย 3-4 นาที
10. บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไป (V_T)
11. การ Standardization ควรทำงานกระทั่งได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน (ต่างกันไม่เกินช่วง ± 0.05 มล) อย่างน้อย 5 ค่าเพื่อนำมาเฉลี่ย

การคำนวณ

1. กำหนดหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิโมลต่อลิตร) โดยสมการ

$$C_r = \frac{60 \cdot C_1}{V_T - V_b}$$

- โดยที่ C_1 = ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต (มิลลิโมลต่อลิตร)
 V_T = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการ Standardization (มล.)
 V_b = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตรเตรต blank (มล.)

2. กำหนดหาปริมาณออกซิเจนในน้ำตัวอย่าง (mmol/l) โดยสมการ

$$O_2 \text{ (mmol/l)} = \frac{(V_s - V_b) \cdot C_T}{4 \cdot \frac{V_{\text{SAMPLE}}}{V_{\text{BOD}}} (V_{\text{BOD}} - V_{\text{MnCl}_2} - V_{\text{KI-NaOH}})}$$

โดยที่

- V_s = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตรเตรตกับน้ำตัวอย่าง (มล.)
 V_b = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตรเตรต blank (มล.)
 C_T = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิโมลต่อลิตร)
 V_{BOD} = ปริมาตรของขวด BOD ใบที่ใช้ (มล.)
 V_{SAMPLE} = ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ตวงใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ (100 มล. หรือเท่ากับ VBOD แต่ละใบในกรณีที่ใช้ซ้ำทั้งขวด)
 V_{MnCl_2} = ปริมาตรของสารละลายแมงกานีส (II) คลอไรด์ที่ใช้ (มล.)
 $V_{\text{KI-NaOH}}$ = ปริมาตรของสารละลายอัลคาไลไอโอไดต์ที่ใช้ (มล.)

3. กำหนดหาปริมาณออกซิเจนในน้ำตัวอย่าง (mg/l) โดยสมการ

$$O_2 \text{ (mg/l)} = O_2 \text{ (mmol/l)} \cdot 32$$

4. กำหนดหาปริมาณออกซิเจนในน้ำตัวอย่าง (ml/l) โดยสมการ

$$O_2 \text{ (mg/l)} = O_2 \text{ (mmol/l)} \cdot 22.4$$

การควบคุมคุณภาพ

1. ควร standardize สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตและหาค่า blank ควบคู่ไปกับตัวอย่างทุกชุด
2. ควรมีการทำซ้ำ (ซ้ำสาม) ในตัวอย่างอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่วิเคราะห์แต่ละชุด
3. ถ้าเป็นไปได้การไตเตรตตัวอย่างและทำ standardization ในแต่ละชุด ควรทำโดยคนๆ เดียว

หมายเหตุ

1. ก่อนเปิดจุกขวด BOD เพื่อเติมสารเคมี ให้เทน้ำที่ค้างอยู่ด้านบนออกทิ้งก่อนเสมอ
2. เตรียมสารเคมีให้เพียงพอโดยดูจากอัตราการสิ้นเปลืองในตารางเบื้องล่าง

อัตราการสิ้นเปลืองสารเคมีโดยประมาณต่อ 1 ตัวอย่างน้ำทะเลจำนวน 100 มล. ที่มีออกซิเจนละลายอย่างอิ่มตัว

สารละลายแมงกานีส (II) คลอไรด์ ต่อ 1 ชุด BOD	1 มล.
สารละลายอัลคาไลโอไดต์ ต่อ 1 ชุด BOD	1 มล.
กรดซัลฟูริก 50% ต่อ 1 ชุด BOD	1 มล.
น้ำแบ่ง ต่อการไตเตรตตัวอย่างหรือ standardization 1 ครั้ง	0.5 มล.
สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ต่อการไตเตรตตัวอย่าง 1 ครั้ง	4 มล.
สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ต่อการ standardization 1 ครั้ง	5 มล.
สารละลายมาตรฐานไอโอดेट ต่อการ standardization 1 ครั้ง	10 มล.

การวัดโดยใช้หัววัดออกซิเจน

การวัดแบบนี้ให้ผลไม่ดีเท่าวิธี Winkler Titration และไม่เหมาะสมกับน้ำที่มีออกซิเจนต่ำเนื่องจากการปนเปื้อนจากออกซิเจนในบรรยากาศได้ง่าย แต่วิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วอุปกรณ์

1. เครื่องวัดออกซิเจนแบบกระเป่าหัว
2. หัววัดควรมีขนาดพอดีกับปากขวดบรรจุตัวอย่างที่ใช้ โดยอาจเสียบไว้กับจุกยางหรือโฟม
3. สายยางดิบ (latex) สำหรับถ่ายน้ำจากเครื่องมือเก็บน้ำลงในขวด
4. เครื่องคนสารแบบแม่เหล็ก

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดแก้วปากแคบพอที่หัววัดจะสอดลงไปได้ พร้อมฝาปิดที่เ็นำทำให้มีฟองอากาศ ปริมาตรขวดอย่างน้อย 300 มล.

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์อิมตัว

เติมผงโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) ลงในน้ำกลั่นหรือน้ำทะเลที่กรองแล้ว จนกระทั่งอิมตัว (มีผงที่ไม่ละลายนอนก้น) เติมโคบอลต์คลอไรด์ (CoCl_2) ลงไปประมาณ 1 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

น้ำสะอาด ใช้ผงซักฟอกถ้าจำเป็น

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

เช่นเดียวกับตัวอย่างเพื่อทำ Winkler Titration

การกรองน้ำตัวอย่าง

ห้ามกรอง

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ไม่มี ต้องวัดทันที โดยวัดตัวอย่างที่คาดว่าจะมีออกซิเจนน้อยที่สุดก่อน

วิธีการวัดหรือวิเคราะห์ในภาคสนาม

1. เปิดฝาขวดอย่างระมัดระวัง
2. หย่อนแท่งแม่เหล็กลงไปขวดอย่างระมัดระวัง
3. ค่อยๆ ใส่หัววัดลงไปขวด โดยให้น้ำล้นออกมาช้าๆ ระวังอย่าให้มีฟองอากาศค้างในขวด
4. จัดให้หัววัดอยู่ประมาณกึ่งกลางขวด
5. เปิดเครื่องคนสารด้วยความเร็วต่ำ และใช้ความเร็วเดียวกันในการวัดทุกขวด
6. รอจนค่าที่อ่านได้คงที่แล้วจึงบันทึกค่า

การควบคุมคุณภาพ

1. Calibrate ตามคู่มือของเครื่อง โดยการ calibrate กับอากาศ กับน้ำทะเลที่เขย่ากับอากาศ จนออกซิเจนอิมตัวและกับสารละลายโซเดียมซัลไฟต์อิมตัวซึ่งปราศจากออกซิเจน
2. เลือกตัวอย่างอย่างน้อย 4 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณออกซิเจนต่างๆ กัน และเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อวิเคราะห์แบบ Winkler Titration

หมายเหตุ

1. เมื่อ calibrate แล้วห้ามปิดเครื่องจนกว่าจะวัดตัวอย่างหมดทั้งชุด

ความเป็นกรดต่าง

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความเป็นกรดต่างต้องเป็นเครื่องแบบใช้งานภาคสนามแบบแสดงผลเป็นตัวเลขอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง ถ้าต้องการนำผลไปคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ไปคาร์บอเนตและคาร์บอเนตที่ละลายด้วย เครื่องควรแสดงผลได้ละเอียดถึง 3 ตำแหน่ง
2. หัววัดแบบที่ดีที่สุดคือแบบ platinum electrode (ชื่อการค้าของบริษัท Orion Research คือ Ross Electrode) แต่ว่ามีราคาแพง หัววัดแบบ Ag/AgCl combination electrode ธรรมดาใช้งานได้แต่จะใช้เวลานานกว่าในการวัดตัวอย่างแต่ละขวด หัววัดแบบแก้ว (KCl filled) และพลาสติก (gel filled) มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันแต่แบบพลาสติกจะทนทานกว่า
3. เทอร์โมมิเตอร์ ในกรณีที่เครื่องวัด pH ไม่มีหัววัดอุณหภูมิ
4. เครื่องคนสารแบบแม่เหล็ก
ไม่จำเป็นนักแต่มีก็ดี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดแก้วหรือพลาสติกขนาดไม่น้อยกว่า 100 มล. ที่มีฝาปิดสนิท ปากขวดกว้างพอที่จะใส่หัววัดลงไป

สารเคมี

1. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.00 และ 4.00
อาจใช้ของ The National Bureau of Standards (NBS) ที่มีขายอยู่ทั่วไปหรือเตรียมขึ้นเองตามสูตรที่มีในหนังสือเคมีวิเคราะห์ทั่วไป
2. น้ำทะเลกรองด้วยเยื่อกรองขนาดน้อยกว่า 1 μm
บรรจุน้ำทะเลไว้ในขวดชนิดน้ำเพื่อใช้ล้างหัววัด

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. น้ำสะอาด ใช้ผงซักฟอกถ้าจำเป็น ห้ามล้างด้วยกรดหรือสารละลายที่เป็นต่างมาก
2. Rinse ด้วยน้ำตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้ง ก่อนบรรจุตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ตัวอย่างน้ำเพื่อการวัดความเป็นกรดต่างควรเก็บเป็นที่ 2 รองจากตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์หาออกซิเจน
2. ใช้สายยางในการถ่ายน้ำจากเครื่องมือเก็บตัวอย่าง
3. ใส่ตัวอย่างให้เต็มขวด

การกรองน้ำตัวอย่าง

ห้ามกรอง

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ควรทำการวัดภายใน 15 นาที โดยเฉพาะตัวอย่างน้ำที่คาดว่าจะมีคาร์บอนไดออกไซด์มาก เช่น ตัวอย่างน้ำที่มีการนำเสียของสารอินทรีย์ ตัวอย่างน้ำที่มีแพลงก์ตอนหนาแน่น ตัวอย่างน้ำจากระดับความลึกมากกว่า 100 เมตร และตัวอย่างน้ำที่เก็บใกล้พื้นท้องทะเล เป็นต้น

วิธีการวัดหาหรือวิเคราะห์ในภาคสนาม

1. พยายามวัดตัวอย่างที่มีคาร์บอนไดออกไซด์มากก่อน
 2. จุ่มหัววัดลงในน้ำตัวอย่างพร้อมกับคนหรือแกว่งขวดด้วยความเร็วที่คงที่และเท่ากันทุกขวด
 3. รอจนค่าที่อ่านได้นิ่งประมาณ 10 วินาที แล้วจึงบันทึกค่า
 4. ยกหัววัดขึ้นและซับน้ำออกเบาๆ ด้วยกระดาษทิชชูที่สะอาด ก่อนจุ่มวัดในขวดถัดไป
- การควบคุมคุณภาพ

1. Calibrate ก่อนวัดตัวอย่างแต่ละชุดตามคู่มือการใช้งานโดยเทียบกับสารละลาย buffer pH 7.00 และ 4.00 ในการ calibrate จะต้องทำในสภาพเดียวกับการวัดตัวอย่าง เช่น ใช้อุณหภูมิเดียวกัน คนน้ำด้วยความเร็วเท่าๆ กัน และรอให้ค่าที่อ่านได้นิ่งแบบเดียวกัน เป็นต้น
2. ควรมีการทำซ้ำ (ซ้ำสองหรือสาม) ในตัวอย่างอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างที่วิเคราะห์แต่ละชุด
3. ทำการตรวจสอบ slope ของหัววัดก่อนการออกปฏิบัติการทุกครั้ง โดยการปรับให้เครื่องอ่านค่าเป็นความต่างศักย์ ในหน่วย mV วัดความต่างศักย์สำหรับสารละลาย buffer pH 7.00 และ 4.00 (E_7 และ E_4) และอุณหภูมิที่ทำการวัด (T) ในหน่วยเซลเซียส แล้วคำนวณความเบี่ยงเบนของ slope โดยสมการ

$$\text{Slope}(\%) = 168 \cdot \frac{E_7 - E_4}{273 + T}$$

ถ้าค่า slope ที่คำนวณได้น้อยกว่า 90% ให้เปลี่ยนหัววัดใหม่

หมายเหตุ

1. หลังจากการ calibrate เครื่องกับสารละลาย buffer แล้วให้แช่หัววัดไว้ในน้ำทะเล dummy อย่างน้อย 15 นาทีเพื่อให้หัววัดปรับสภาพให้เข้ากับ ionic strength ของน้ำทะเล
2. หลังจาก把头วัดปรับสภาพให้เข้ากับ ionic strength ของน้ำทะเลแล้ว ห้ามใช้น้ำกลั้กับกับหัววัดอย่างเด็ดขาด ให้ใช้น้ำทะเลรองในการล้างหัววัดถ้าจำเป็น

3. เราจะไม่ใช่สารละลายที่มี pH สูง (รวมทั้งสารละลาย buffer pH 10.0) กับหัววัดที่ต้องการความละเอียดมากเพราะจะทำให้ส่วนที่เป็นแก้วพูนของหัววัดชำรุดเสียหาย
4. ให้เก็บหัววัดที่ไม่ได้ใช้งานในสารละลายที่เป็นกรด (pH ประมาณ 4) เสมอ
5. ตัวอย่างน้ำที่มีน้ำมันและความสกปรกอื่นมากอาจทำให้หัววัดเสื่อมประสิทธิภาพต้องล้างด้วยน้ำผงซักฟอกหรือกรดเจือจางถ้าจำเป็น ก่อนจะ calibrate ใหม่

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ความเค็ม

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดแก้วหรือพลาสติก ปริมาตรอย่างน้อย 100 มล. มีฝาปิดสนิท
2. ในกรณีที่ใช้ปฏิบัติงานในน้ำขุ่นและต้องมีการกรอง ให้เตรียมขวดขนาด 2 เท่าของขวดตามข้อ 1 ไปด้วยในจำนวนเท่ากัน

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

เยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ขนาดตากรองน้อยกว่า 1.5 um

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. น้ำสะอาด ใช้ผงซักฟอกถ้าจำเป็น
2. Rinse ด้วยน้ำตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้งก่อนบรรจุตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่จำเป็น

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

สายยาง

การกรองน้ำตัวอย่าง

1. จำเป็นต้องกรองเฉพาะในกรณีที่น้ำมีความขุ่นมากจนมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากตะกอนจะรบกวนการนำไฟฟ้า
 2. ใช้น้ำประมาณ 50 มล. แรกที่ผ่านกระดาษกรอง rinse ขวดบรรจุตัวอย่าง 2 ครั้ง
 3. ถ้าเยื่อกรองอุดตันให้เปลี่ยนแผ่นใหม่ และทิ้งน้ำประมาณ 20 มล. แรกที่ผ่านกระดาษกรอง
- การเก็บรักษาตัวอย่าง

ปิดฝาขวดให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหย ตัวอย่างที่เก็บในขวดแก้ว borosilicate อาจอยู่ได้ถึง 1 ปี ถ้าไม่มีการระเหยหรือตกตะกอน

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำ (ซ้ำสอง) กับตัวอย่างอย่างน้อย 10 เเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด
หมายเหตุ

1. การวัดความเค็มในห้องปฏิบัติการโดยวิธีไตเตรตนั้นให้ความละเอียด 0.01 ส่วน
ในพันส่วน ส่วนเครื่องวัดความเค็มในห้องปฏิบัติการนั้นวัดได้ละเอียดถึง 0.0001
psu ซึ่งให้ความละเอียดถูกต้องกว่าเครื่องมือจุ่มวัดในภาคสนาม ข้อมูลอย่าง
ละเอียดนี้มีความจำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัยทางสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์

อัลคาลินิตี้

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดพลาสติกขนาดไม่น้อยกว่า 125 มล. ไม่ควรใช้ขวดแก้วเพราะน้ำทะเลสามารถ
ละลายแก้วออกมาได้เล็กน้อยถ้าเก็บไว้นานๆ

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

เยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ขนาดตากรอง <1 um

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. น้ำสะอาด ใช้ผงซักฟอกถ้าจำเป็น ห้ามใช้กรดล้างขวด
2. Rinse ด้วยน้ำตัวอย่างที่กรองแล้วอย่างน้อย 2 ครั้งก่อนบรรจุตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่จำเป็นถ้าใช้เยื่อกรองจากกล่องที่สะอาด

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

สายยาง

การกรองน้ำตัวอย่าง

1. ใช้น้ำประมาณ 50 มล. แรกที่ผ่านกระดาษกรอง rinse ขวดบรรจุตัวอย่าง 2 ครั้ง
2. ถ้าเยื่อกรองอุดตันให้เปลี่ยนแผ่นใหม่ และทิ้งน้ำประมาณ 20 มล. แรกที่ผ่านกระดาษกรอง

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ปิดฝาให้สนิทกันระเหย เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 1 เดือน ถ้าไม่มี

การระเหยหรือตกตะกอน

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำ (ซ้ำสอง) กับตัวอย่างอย่างน้อย 10 เเปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

ซัลไฟด์

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดแก้วขนาดไม่น้อยกว่า 100 มล. ที่ไม่ trap ฟองอากาศ ขวด BOD ก็ใช้ได้

สารเคมี

1. สารละลาย zinc acetate

ละลาย $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$ 10.44 กรัมในน้ำกลั่น 1 ลิตร เติมเจลาตินลงไป
ประมาณ 2 กรัม

เยื่อกรอง

ไม่ต้องกรอง

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

น้ำกลั่น

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่ต้องใช้

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

ใช้สายยางและวิธีการเดียวกับการถ่ายตัวอย่างน้ำเพื่อวัดออกซิเจน บรรจุน้ำให้เต็มขวด

โดยไม่ให้มีฟองอากาศ

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่ต้องกรอง

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เติมสารละลาย zinc acetate 1 มล. ต่อน้ำตัวอย่าง 100 มล. โดยอย่าให้เกิดฟอง

อากาศ เก็บตัวอย่างในที่มืดและแช่เย็น ควรทำการวิเคราะห์ภายใน 7 วัน

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำ (ซ้ำสอง) กับตัวอย่างอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

หมายเหตุ

1. เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำที่ใช้ควรเป็นแบบไม่มีโลหะสามารถทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ได้

สารอาหารอินทรีย์

สารอาหารอินทรีย์ที่สำคัญในน้ำทะเลมี 5 ชนิด คือ ฟอสเฟต ไนเตรต ไนไตรต์
แอมโมเนียมและซิลิเคต ซึ่งการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สาร 3 ชนิด
แรกได้แก่ ฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์นั้นจะเหมือนกัน ดังนั้นเราจึงสามารถใช้
จากขวดเดียวกันในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารอินทรีย์ทั้ง 3 นี้ได้ แต่การ

จะเก็บตัวอย่างแยกกันสำหรับการวิเคราะห์แต่ละชนิดก็สามารถทำได้เช่นกัน ส่วนการเก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาแอมโมเนียมและซิลิเคตนั้นมีความแตกต่างออกไปบ้าง ดังนั้นเราจึงมักจะแยกตัวอย่างน้ำทะเลสำหรับการวิเคราะห์สารอาหาร 2 ชนิดนี้ออกเป็นแต่ละขวดต่างหาก

ฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดพลาสติก เช่น PE หรือ PP ขนาดอย่างน้อย 250 มล. สำหรับการวิเคราะห์สารอาหาร 3 ตัวนี้ อย่างละ 1 ขวด
2. ขวดพลาสติก เช่น PE หรือ PP ขนาดใหญ่กว่าขวดตามข้อ 1 อย่างน้อย 150 มล. สำหรับบรรจุน้ำที่ยังไม่ได้กรอง เตรียมขวดนี้ไปให้เพียงพอโดยไม่ควรใช้ซ้ำ

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

เยื่อกรองใยแก้วขนาดตากรองละเอียดกว่า 1 μm

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. เขย่าล้างขวดด้วยน้ำสะอาดให้หมดคราบและตะกอนต่างๆ ใช้แปรงถ้าจำเป็น ในกรณีที่มีคราบที่ล้างไม่ออกควรทิ้งขวดนั้นไปเสีย
2. บรรจุสารละลายกรด HCl หรือ H_2SO_4 (analytical grade) 10% ในน้ำกลั่น ลงให้เต็มขวด ปิดฝาแช่ทิ้งไว้ประมาณ 12-24 ชั่วโมง สารละลายกรด 10% นี้สามารถใช้ซ้ำได้ประมาณ 3 ครั้ง
3. เขย่าล้างขวดและฝาด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง
4. ปิดฝาขวดให้สนิทโดยไม่ต้องรอให้แห้ง
5. บรรจุขวดลงในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
6. rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้งก่อนบรรจุตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

1. เฝากระตาเยื่อกรองที่อุณหภูมิ 400-450 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที การเฝานี้ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้แผ่นกรองกรอบและแตกง่าย
2. แช่แผ่นกรองในสารละลายกรด HCl หรือ H_2SO_4 (analytical grade) 10% ในน้ำกลั่น อย่างน้อย 3 ชั่วโมง
3. แช่แผ่นกรองในน้ำกลั่นที่กลั่นใหม่ ๆ อย่างน้อย 1 ลิตรต่อแผ่นกรอง 50 แผ่น เพื่อล้างกรดออก อย่างน้อย 2 ครั้ง

4. ออบแผ่นกรองให้แห้งที่ประมาณ 110 องศาเซลเซียส
 5. เก็บแผ่นกรองในกล่องที่แห้งที่ผ่านการล้างด้วยกรดและน้ำกลั่นแล้ว
- การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง
1. Rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2 ครั้ง
 2. ถ่ายน้ำจากเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำลงในขวดที่เตรียมไว้สำหรับน้ำที่ยังไม่ได้กรองให้เต็มขวด
 3. ควรใส่ถุงมือยางหรือพลาสติกที่สะอาดขณะปฏิบัติงานทุกครั้ง
- การกรองน้ำตัวอย่าง
1. ควรทำการกรองน้ำให้เสร็จสิ้นภายใน 30 นาทีหลังจากเก็บน้ำเสมอ และควรเก็บตัวอย่างน้ำที่ยังไม่ได้กรองไว้ในที่มืดและเย็นเพื่อลดกระบวนการทางชีวภาพ
 2. ใช้ชุดกรองแบบ in-line หรือแบบ vacuum ก็ได้
 3. ให้เหลือที่ว่างในขวดไว้ประมาณ 10% ของปริมาตร สำหรับการขยายตัวของน้ำเมื่อแช่แข็ง
- การเก็บรักษาตัวอย่าง
1. บรรจุขวดน้ำตัวอย่างที่ปิดฝาสนิทลงในถุงพลาสติกเพื่อกันการปนเปื้อนจากภายนอกโดยเฉพาะตามขอบฝา
 2. ควรแช่แข็งน้ำตัวอย่าง (-20 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า) ทันทีหลังจากกรอง ถ้าไม่มีตู้แช่แข็งอาจใช้หีบบรรจุน้ำแข็งแห้งก็ได้ ถ้าจำเป็นจริงๆ อาจจะใช้น้ำแข็งบดผสมเกลือเม็ดแต่ไม่แนะนำให้ทำ
 3. ห้ามแช่ตัวอย่างปะปนกับปลาหรือสารเคมีที่อาจเกิดการปนเปื้อน
- การควบคุมคุณภาพ
1. ควรมีการทำซ้ำ (ซ้ำสองหรือสาม) กับตัวอย่างอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด
 2. ทำตัวอย่าง blank อย่างน้อย 1 ขวด ทุกๆ 20 ตัวอย่าง โดยใช้น้ำกลั่นที่เตรียมไปจากห้องปฏิบัติการ และนำไปกรองและแช่แข็งเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง น้ำกลั่นที่ใช้ทำ blank นี้จะต้องแบ่งไว้ส่วนหนึ่งเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เปรียบเทียบการปนเปื้อนเนื่องมาจากขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมตัวอย่าง
 3. มีตัวอย่างสำหรับการควบคุมคุณภาพอย่างน้อย 1 ขวดทุกๆ 20 ตัวอย่าง โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการทำ blank แต่ใช้สารละลายสารอาหารแบบผสมเจือจางในน้ำทะเลเทียมที่มีความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละตัวอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำทะเล เช่น ประมาณ 0.5-1 μM สำหรับฟอสเฟตและไนเตรตในน้ำทะเลปกติใกล้ชายฝั่ง เป็นต้น ตัวอย่างเพื่อการควบคุมคุณภาพนี้จะต้องแบ่งเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่สะอาดในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาวิเคราะห์พร้อมๆ กับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

หมายเหตุ

1. ห้ามใช้ผงซักฟอกหรือน้ำยาทำความสะอาดใดๆ กับขวดและเครื่องแก้วที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ ถึงแม้ว่าจะเป็นผงซักฟอกแบบปลอดฟอสเฟตก็ตาม

2. ขวดสำหรับตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์สารอาหารไม่ควรใช้ปนกับตัวอย่างประเภทอื่น โดยเฉพาะการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสารละลายกรดไนตริก ไนเตรตและฟอสเฟตเข้มข้น

แอมโมเนีย

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดพลาสติก เช่น PE หรือ PP ขนาดอย่างน้อย 50 มล. สำหรับการวิเคราะห์ 1 ซ้ำ
2. ขวดพลาสติก เช่น PE หรือ PP ขนาดใหญ่กว่าขวดตามข้อ 1 อย่างน้อย 50 มล. สำหรับบรรจุน้ำที่ยังไม่ได้กรอง เตรียมขวดนี้ไปให้เพียงพอโดยไม่ควรรีใช้ซ้ำ

สารเคมี

1. น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย ให้เตรียมโดยปรับ pH ของน้ำกลั่นให้ได้ประมาณ 8 โดยใช้เกล็ด NaOH ที่แห้งและสะอาด หลังจากนั้นจึงนำไปต้มให้เดือดอย่างน้อย 5 นาที ปิดฝาปิคนิคด้วยกระดาษฟิวส์และทิ้งไว้ให้เย็นจึงเก็บใส่ขวดแก้วหรือ PE หนาที่สะอาด และปิดฝาสนิท
2. กรด H_2SO_4 เข้มข้น (จะใช้ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีแอมโมเนียสูงมาก ๆ)

เยื่อกรอง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์ แต่ใช้น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแทน น้ำกลั่นธรรมดา

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์ แต่ใช้น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแทน น้ำกลั่นธรรมดา

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

การกรองน้ำตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรต และไนไตรต์ แต่ถ้าคาดว่าน้ำตัวอย่างอาจจะมีแอมโมเนียสูง (เช่นมากกว่า 100 $\mu\text{mol/l}$) ควรปรับปรุง pH ของน้ำตัวอย่างที่กรองแล้วให้น้อยกว่า 2 (ประมาณ 0.05 มล. ต่อน้ำทะเล 50 มล. แต่ควรตรวจสอบโดยใช้กระดาษวัด pH ด้วย)

การควบคุมคุณภาพ

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรต และไนไตรต์ แต่ใช้น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแทน น้ำกลั่นธรรมดา

หมายเหตุ

สิ่งที่มีแอมโมเนียสูงจะต้องระวังให้มาก ตัวอย่างเช่น เหงื่อ ปัสสาวะ น้ำทิ้ง และไอระเหยจากห้องส้วมและถังขยะ ปลาและเนื้อสัตว์ น้ำยาล้างทำความสะอาดห้องน้ำและล้างกระจก บุหรี่และควันบุหรี่ น้ำยาทำความสะอาดในเครื่องเย็นบางชนิด

ซิลิเคต

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดพลาสติก เช่น PE หรือ PP ขนาดอย่างน้อย 50 มล. สำหรับการวิเคราะห์ 1 ซ้ำ
2. ขวดพลาสติก เช่น PE หรือ PP ขนาดใหญ่กว่าขวดตามข้อ 1 อย่างน้อย 50 มล. สำหรับบรรจุน้ำที่ยังไม่ได้กรอง เตรียมขวดนี้ไปให้เพียงพอโดยไม่ควรรู้ซ้ำ

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

เยื่อกรองที่ทำจากสารโพลีเมอร์ ที่มีขนาดตากรองละเอียดกว่า 1 μm ห้ามใช้แผ่นกรองที่ทำจากใยแก้ว

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่จำเป็น

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

การกรองน้ำตัวอย่าง

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. สำหรับน้ำทะเลทั่วไป ปริมาณซิลิเคตมักจะต่ำกว่า 50 μM เราสามารถแช่แข็งตัวอย่างที่กรองแล้วที่ -20 องศาเซลเซียส และเก็บได้ประมาณ 1 เดือน เช่นเดียวกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์
2. สำหรับตัวอย่างที่น่าจะมีซิลิเคตสูง เช่น น้ำจืดและน้ำใกล้ปากแม่น้ำ ไม่ควรแช่แข็ง เพราะอาจเกิดการตกตะกอนของแร่กลุ่มซิลิเคต ควรเก็บโดยการแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) และวิเคราะห์ภายใน 7 วัน

การควบคุมคุณภาพ

เหมือนกับฟอสเฟต ไนเตรตและไนไตรต์

โลหะปริมาณน้อย (ยกเว้นปรอท)

อุปกรณ์

1. ชุดกรองที่ทำด้วยสาร polycarbonate หรือ polypropylene หรือ teflon พลาสติกชนิดอื่นที่ได้รับการรับรองว่ามีโลหะเจือปนน้อย ชุดกรองจะต้องมีฝาปิดหรือติดตั้งในกล่องป้องกันการปนเปื้อนจากบรรยากาศภายนอก
2. บีเปตแบบอัตโนมัติ
3. ปากคิ๊บที่เคลือบด้วย teflon
4. ถังมือ polyethylene หรือ ถังมือผ้าตัดแบบไม่ใส่แบ่ง

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดที่ทำด้วย low density polyethylene หรือ polypropylene หรือ teflon (ไม่ควรอย่างยิ่งที่จะใช้ขวดแก้ว หรือ high density polyethylene หรือวัสดุที่ไม่แน่ใจว่าจะมีการปนเปื้อน) ขนาดอย่างน้อย 500 มล. สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำที่ยังไม่ได้กรอง
2. ขวดที่ทำด้วย low density polyethylene หรือ polypropylene หรือ teflon ขนาด 250 มล. สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว

สารเคมี

1. กรด HNO_3 เข้มข้นชนิดบริสุทธิ์สูงเป็นพิเศษ
2. น้ำดีไอออนไนซ์ เตรียมจากน้ำกลั่น หรือน้ำที่ผ่านกระบวนการ reverse osmosis หรือน้ำที่สะอาดโดยวิธีอื่น โดยให้น้ำไหลผ่านดีไอออนไนซ์คอลัมน์ น้ำที่เหมาะสมจะต้องมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 18 umhos/cm

เยื่อกรอง

แผ่นกรองที่ทำจากสาร polycarbonate ขนาดความละเอียด 0.45 μm เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม.

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. ล้างขั้นตอนด้วยน้ำยาดีเทอร์เจนต์ในน้ำสะอาด และ rinse ด้วยน้ำดีไอออนไนซ์
2. แช่ด้วยสารละลายกรด HNO_3 (analytical grade) 50% ในน้ำดีไอออนไนซ์ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (ภาชนะที่ใช้ทำอ่างแช่กรดควรทำด้วย low density polyethylene หรือ teflon) แล้ว rinse ด้วยน้ำดีไอออนไนซ์ อีก 1 ครั้ง สารละลายกรด 50% นี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ 20-30 ครั้ง
3. แช่ด้วยสารละลายกรด HNO_3 (analytical grade) 10% ในน้ำดีไอออนไนซ์ อีก 1 สัปดาห์ สารละลายกรด 10% นี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 10 ครั้ง
4. rinse ด้วยน้ำดีไอออนไนซ์อย่างน้อย 3 ครั้ง

5. เติมสารละลายกรด HNO_3 หรือ HCl ที่มีความบริสุทธิ์สูงพิเศษ 0.1% ในน้ำดีไอออนไนซ์ ให้เต็มขวดทุกใบ ปิดฝาให้สนิทและบรรจุขวดลงในถุงพลาสติกใสที่สะอาดแบบที่ปากถุงเป็นซิปลง ไม่ควรใช้หนังยางรัดขวดรัดปิดปากถุง เนื่องจากหนังยางรัดของมีโลหะประเภทต่างๆ เจือปนอยู่มากอาจเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย ขวดที่บรรจุในถุงนี้พร้อมที่จะนำไปใช้งาน
6. สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้อยู่อย่างสม่ำเสมอกับตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์โลหะปริมาณน้อย และเชื่อได้ว่าไม่มีการปนเปื้อน อาจจะใช้ ขวด กรด HNO_3 10% เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน ก่อนล้างด้วยน้ำดีไอออนไนซ์ แต่ทั้งนี้ถ้าไม่แน่ใจในประวัติความเป็นมาของอุปกรณ์ควรล้างแบบเต็มรูปแบบจะปลอดภัยกว่า

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

1. แขนงกรองครึ่งละ 10 แขนงในภาชนะเทฟลอน (PFA) ที่บรรจุ 10% HNO_3 หรือ HCl ชนิดความบริสุทธิ์สูงพิเศษ เป็นเวลา 1 สัปดาห์
2. ล้างแขนงกรองด้วยน้ำดีไอออนไนซ์โดยการจุ่มแช่แขนงกรองในน้ำดีไอออนไนซ์นานหลาย ๆ วัน จนกระทั่งฟิเอชของน้ำล้างมีค่าไม่ต่ำกว่า 6
3. ให้เก็บแขนงกรองแต่ละชิ้นแยกจากกันในดรัมพลาสติกที่ล้างสะอาดแล้ว แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบ Class 100 (มีฝุ่นละอองน้อยกว่า 100 อนุภาคต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์ฟุต) ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 12 ชม.
4. ถ้าต้องการซั้งแขนงกรอง เมื่ออบแห้งแล้วให้เก็บแขนงกรองในโถดูดความชื้นเป็นเวลาประมาณ 1 ชม. ก่อนที่จะนำมาซั้งน้ำหนัก ถ้ามีปัญหาแขนงกรองติดกันเนื่องจากไฟฟ้าสถิตให้กำจัดโดยใช้ antistatic gun
5. ทุกขั้นตอนในการทำความสะอาดแขนงกรองต้องทำในห้องสะอาด Class 100 เสมอ

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

1. การถ่ายน้ำจากเครื่องมือเก็บน้ำควรทำให้ห้องหรือตู้ปลอดฝุ่น ถ้าไม่สามารถทำได้ให้เลือกสถานที่ที่ห่างไกลจากแหล่งฝุ่นละอองรวมทั้งไอเสียจากเครื่องยนต์ต่างๆ ไม่ควรถ่ายน้ำในบริเวณที่เปิดโล่งที่มีลมพัดแรง
2. สายยางที่ใช้ถ่ายน้ำตัวอย่างให้เก็บแช่ในสารละลายกรด HNO_3 หรือ HCl ที่มีความบริสุทธิ์สูงพิเศษ 0.1% ในน้ำดีไอออนไนซ์ และ rinse ด้วยน้ำดีไอออนไนซ์ 2 ครั้ง ก่อนใช้
3. เทสารละลายกรดเจือจางในขวดออกทิ้ง ก่อน rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2 ครั้ง
4. เชย้าเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำก่อนถ่ายน้ำทุกครั้ง
5. ไม่ควรนำขวดบรรจุตัวอย่างน้ำออกจากถุงขณะถ่ายน้ำ
6. กรอกน้ำให้เกือบเต็มขวด ปิดฝาให้สนิท

การกรองน้ำตัวอย่าง

1. การกรองน้ำควรทำทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะน้ำตัวอย่างที่มีตะกอนหรือแพลงตอนหนาแน่น สำหรับตัวอย่างน้ำทะเลทางฝั่งที่มีความโปร่งใสสูง ถ้าจำเป็นอาจจะเก็บไว้ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง โดยไม่กรอง

2. การกรองน้ำต้องทำให้ห้องหรือตู้ปลอดฝุ่นเสมอ
3. ใช้ปากคีบในการจับกระดาษกรอง
4. เชี่ยวชวดก่อนรินน้ำออกจากชวดทุกครั้ง
5. ใช้น้ำตัวอย่างประมาณ 30 มล. กรองผ่านแผ่นกรองแล้วนำน้ำที่ได้ rinse ชวดบรรจุตัวอย่าง ทำซ้ำ 3 ครั้ง
6. กรองน้ำตัวอย่างให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ และถ่ายลงชวดที่เตรียมไว้บรรจุตัวอย่าง ให้เกือบเต็มชวด
7. กรองน้ำที่เหลือจนหมดหรือจนกระทั่งแผ่นกรองเริ่มแสดงอาการอุดตัน
8. เดินเครื่องกรองให้น้ำทะเลตัวอย่างในกรวยกรองไหลผ่านแผ่นกรองจนหมด
9. บันทึกปริมาตรน้ำตัวอย่างทั้งหมดที่ผ่านแผ่นกรอง
10. ฉีดน้ำดีไอออไนซ์ประมาณ 20 มล. ล้างด้านข้างของกรวยกรองและแผ่นกรอง
11. เดินเครื่องกรองจนกระทั่งแผ่นกรองแห้งสนิท
12. พับแผ่นกรองแบบพับสี่ ก่อนเก็บในตลับ
13. ฉีดน้ำดีไอออไนซ์ล้างชุดกรองให้ตัวอย่างน้อย 3 ครั้ง ก่อนที่จะใช้กับตัวอย่างถัดไป หรือ มิฉะนั้นให้แช่ชุดกรองในน้ำดีไอออไนซ์

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. เติมกรด HNO_3 เข้มข้นที่มีความบริสุทธิ์สูงพิเศษ 250 ul ต่อตัวอย่างน้ำทะเล 250 มล. เพื่อให้ได้ pH น้อยกว่า 3 ไม่ควรใช้กรดมากกว่านี้ถ้าใช้วิธีวิเคราะห์แบบ cobalt-APDC
2. ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) สามารถคงสภาพอยู่ได้ 6 เดือน แต่ทั้งนี้จะต้องไม่มีการระเหยหรือมีตะกอนเกิดขึ้นในชวด
3. ตัวอย่างที่จะนำไปวิเคราะห์หาโครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนท์จะต้องนำไปวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง
4. ตัวอย่างสารแขวนลอยบนแผ่นกรองให้เก็บโดยการแช่แข็งได้ประมาณ 6 เดือน

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรทำซ้ำอย่างน้อย 10% ของตัวอย่างทั้งหมด
2. ทำ blank อย่างน้อย 1 ชวด ทุกๆ 20 ตัวอย่าง โดยใช้น้ำดีไอออไนซ์ที่เตรียมไปจากห้องปฏิบัติการ และนำไปกรองและแช่แข็งเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง น้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้ทำ blank นี้จะต้องแบ่งไว้ส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์พร้อมกับตัวอย่างและ blank เพื่อใช้เป็นตัวควบคุม (control) ในการเปรียบเทียบการปนเปื้อนเนื่องมาจากขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมและเก็บรักษาตัวอย่าง
3. ถ้าเป็นไปได้ควรทำ sampler blank ด้วยอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยการเติมน้ำดีไอออไนซ์ลงไป ให้เติมเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำที่ทำความสะอาดแล้ว และกระทำเสมือนว่าน้ำนี้เป็นตัวอย่างน้ำตัวอย่างหนึ่ง

ปรอท

อุปกรณ์

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไป

ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดขนาดอย่างน้อย 500 มล. สำหรับตัวอย่างน้ำก่อนการกรอง
2. ขวดขนาด 250 มล. สำหรับตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว

แนะนำให้ใช้ขวดที่ทำจาก teflon เนื่องจากมีการปนเปื้อนต่ำและมีการดูดซับโดยผิวขวดต่ำ แต่ถ้าไม่สามารถจัดหาได้อาจจะใช้ขวดแก้วที่มีผิวรองในเป็น teflon แต่อาจจะให้ผลที่ไม่ดีเท่า ขวดที่ทำจากวัสดุชนิดอื่นเช่น polyethylene หรือ polypropylene ไม่เหมาะสมกับตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวิเคราะห์หาปรอท

สารเคมี

1. กรด HCl เข้มข้นชนิดบริสุทธิ์สูงเป็นพิเศษ
2. น้ำดีไอออนไนซ์เตรียมจากน้ำกลั่น หรือน้ำที่ผ่านกระบวนการ reverse osmosis หรือน้ำที่สะอาดโดยวิธีอื่น โดยให้น้ำไหลผ่านดีไอออนไนซ์คอลัมน์ น้ำที่เหมาะสมจะต้องมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 18 umhos/cm

เยื่อกรอง

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไป

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไปแต่ใช้กรด HCl แทน HNO₃

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไปแต่ใช้กรด HCl แทน HNO₃

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไป

การกรองน้ำตัวอย่าง

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไป

การเก็บรักษาตัวอย่าง

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไปแต่ใช้กรด HCl แทน HNO₃

การควบคุมคุณภาพ

เหมือนโลหะปริมาณน้อยทั่วไป

ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน

อุปกรณ์

เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำแบบใต้ผิวน้ำ (sub-surface) สามารถทำขึ้นเองตามตัวอย่างในรูปที่ 3 วัสดุที่ใช้ควรเป็นโลหะที่ไม่เป็นสนิม หรือทาสีอย่างดี ล้างให้สะอาดด้วยผงซักฟอกและ

แปรง ตามด้วยอะซีโตนเพื่อให้ปราศจากคราบน้ำมัน เก็บเครื่องมือในกล่องที่สะอาดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากน้ำมันและไอเสียเครื่องยนต์

ขนาดบรรจุตัวอย่าง

ขวดแก้วสีชา เช่นขวดบรรจุสารเคมี ขนาด 4 ลิตร

สารเคมี

1. นอร์มัลเฮกเซน ชนิดบริสุทธิ์สูงพิเศษ (nanograde)

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. ล้างด้วยน้ำยาล้างจานและน้ำประปา
2. เชยาล้างด้วยกรด HCl 10%
3. เชยาล้างด้วยน้ำกลั่น
4. เชยาล้างด้วยอะซีโตนสำหรับงานวิเคราะห์ (analytical grade)
5. เชยาล้างด้วยนอร์มัลเฮกเซน ชนิดบริสุทธิ์สูงพิเศษ (nanograde)
6. ครอบปากขวดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ล้างแล้วด้วยอะซีโตนและเฮกเซน
7. ปิดฝาเกลียวครอบแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
8. ขวดที่ล้างแล้วนี้จะพร้อมสำหรับบรรจุตัวอย่างโดยไม่ต้อง rinse ด้วยน้ำตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างนำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ติดขวดแก้วสีชาที่ล้างสะอาดแล้วเข้ากับชุดเก็บตัวอย่างแบบ sub-surface
2. เลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างบนเรือให้ไกลจากแหล่งของน้ำมันและน้ำทิ้งต่างๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ถ้าเป็นไปได้ควรอยู่บริเวณหัวเรือทางกราบที่หันเข้าหาลม และควรเก็บในขณะที่กระแสน้ำไหลช้าๆ หรือเรือกำลังเคลื่อนที่ช้าๆ
3. พยายามหลีกเลี่ยงคราบฟิล์มน้ำมันที่มองเห็นบนผิวน้ำ ยกเว้นว่าฟิล์มนั้นพบได้ทั่วไปในบริเวณนั้น
4. เปิดฝาขวดต่อเมื่อพร้อมที่จะหย่อนลงไปเก็บน้ำเท่านั้น
5. หย่อนขวดลงน้ำโดยพยายามทำให้ขวดจมพื้นผิวน้ำให้เร็วที่สุด
6. เมื่อน้ำเต็มขวด (หมดฟองอากาศ) จึงค่อยๆ สวาขึ้นมาบนเรือ
7. ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้นี้สามารถนำไปใช้ได้เลย ไม่ต้อง rinse ขวด
8. ควรเติมนอร์มัลเฮกเซนทันทีที่เก็บน้ำขึ้นมา (ดูการเก็บรักษาตัวอย่าง) ถ้าไม่สามารถทำได้ ให้ครอบปากขวดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่สะอาดและปิดฝาเกลียวให้สนิท

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. เทน้ำตัวอย่างออกจากขวดทิ้งประมาณ 100 มล.
2. เติมนอร์มัลเฮกเซนประมาณ 50 มล. โดยใช้ปิเปตที่ล้างสะอาด ลงในขวดน้ำตัวอย่าง
3. ครอบปากขวดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ล้างแล้วด้วยอะซิโตนและเฮกเซน ก่อนปิดทับด้วยฝาเกลียวให้สนิท
4. เขย่าขวดอย่างแรงประมาณ 50 ครั้ง
5. เก็บขวดตัวอย่างในที่มืดและเย็น
6. ควรเติมนอร์มัลเฮกเซนลงในน้ำตัวอย่างภายใน 10 นาที หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำ

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรทำซ้ำ (ซ้ำสองหรือสาม) ในตัวอย่างอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

หมายเหตุ

1. ระวังการปนเปื้อนจากน้ำมันและไอเสียของเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นและจารบีที่ใช้กับส่วนต่างๆ ของเรือ รวมทั้งน้ำมันและครีมหาดูต่าง ๆ

คาร์บอนอินทรีย์รวม

อุปกรณ์

ถ้าใช้ ampule แก้วบรรจุตัวอย่าง จะต้องมีอุปกรณ์หลอมแก้วโดยใช้ก๊าซหรือไฟฟ้า

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ควรใช้ ampule แก้วสีชา ขนาด 50 มล. แต่ถ้าไม่มีก็อาจจะใช้ ขวดแก้วสีชาขนาด 50 มล. ที่มีร่องในฝาเป็น teflon หรืออลูมิเนียม แทนได้

สารเคมี

กรด H_2SO_4 หรือ H_3PO_4 เข้มข้นชนิดสำหรับงานวิเคราะห์ (analytical grade)

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

ขวดและอุปกรณ์ที่เป็นแก้วหรือโลหะ ให้เผาที่ 400–450 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 1 ชั่วโมง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

การควบคุมคุณภาพ

สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีน

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดแก้วสีชา เช่น ขวดบรรจุสารเคมี ขนาด 4 ลิตร

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. ล้างด้วยน้ำยาล้างจานและน้ำประปา
2. เขย่าล้างด้วยกรด HCl 10%
3. เขย่าล้างด้วยน้ำกลั่น
4. เขย่าล้างด้วยอะซีโตนสำหรับงานวิเคราะห์ (analytical grade)
5. เขย่าล้างด้วยนอร์มัลเฮกเซน ชนิดบริสุทธิ์สูงพิเศษ (nanograde)
6. ครอบปากขวดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ล้างด้วยอะซีโตนและเฮกเซน
7. ปิดฝาเกลียวครอบแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
8. ขวดที่ล้างแล้วนี้จะพร้อมสำหรับบรรจุตัวอย่างโดยไม่ต้อง rinse ด้วยน้ำตัวอย่าง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

เครื่องมือเก็บตัวอย่างอาจจะใช้เครื่องมือเก็บน้ำใต้ระดับผิวน้ำแบบเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์หาปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนก็ได้ หรือจะใช้การถ่ายน้ำจากเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำตามระดับความลึกที่สามารถเก็บได้อย่างน้อย 4 ลิตรในคราวเดียวก็ได้

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

แช่เย็นในที่มืด

การควบคุมคุณภาพ

ทำซ้ำอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

พีซีบี

อุปกรณ์

1. เครื่องมือเก็บน้ำแบบปริมาตรมาก (มากกว่า 20 ลิตรในคราวเดียว) หรือใช้เครื่องสูบน้ำแบบที่ส่วนที่สัมผัสกับตัวอย่างน้ำทุกชิ้นทำด้วยเทฟลอน
2. ถ้าไม่ต้องการขนส่งตัวอย่างน้ำปริมาณมาก ๆ อาจจะทำการสกัดในภาชนะนาม โดยใช้ XAD-2 Resin ที่บรรจุในคอลัมน์แก้วขนาดประมาณ 1.5 ซม. x 20 ซม.

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดแก้วขนาด 20 ลิตร

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

เหมือนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์หาสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีน

การล้างทำความสะอาด XAD-2 Resin

1. ทำความสะอาด XAD-2 resin โดยใช้ soxhlet apparatus และใช้เอซิโตนและเฮกเซนเป็นสารอินทรีย์ทำการ clean up เป็นเวลา 24 ชม. ตามลำดับ
2. ทำการสกัด XAD-2 resin ซ้ำอีกครั้งด้วยเฮกเซนเป็นเวลา 24 ชม. และนำเฮกเซนที่ได้มาลดปริมาณด้วยเครื่องลดปริมาณระบบสุญญากาศ และฉีดเข้า GC-ECD เพื่อหา PCB
3. ในกรณีที่เฮกเซนตามข้อ 2 มี PCB เจือปนในปริมาณที่สามารถวัดได้ตัด ให้ทำความสะอาดซ้ำตามข้อ 1 และ 2 อีกครั้งหนึ่ง ถ้ายังไม่สามารถแก้ไขได้ให้ทิ้ง XAD-2 resin ชุดนั้น
4. บรรจุ resin ลงในคอลัมน์แก้วโดยใช้ซ็อนที่ล้างทำความสะอาดแล้วใช้ใยแก้วที่ล้างสะอาดแล้วอุดหัวท้ายเพื่อไม่ให้ resin หกออกมาแต่ยังคงให้น้ำผ่านได้
5. ครอบหัวท้ายคอลัมน์ด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่สะอาดเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
6. เตรียมคอลัมน์ทั้งหมดไปจากห้องปฏิบัติการโดยให้จำนวนเกินจำนวนตัวอย่างที่คาดว่าจะเก็บอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์หรือ 2 อัน ขึ้นกับว่าจะโรจมากรมากกว่า

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

ในกรณีที่ใช้เครื่องสูบน้ำให้เดินเครื่องให้น้ำผ่านทั้งหมดอย่างน้อย 50 ลิตร เพื่อล้างภายในท่อเครื่องสูบน้ำก่อนบรรจุน้ำลงในขวด ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้ขวดซ้ำ ให้ล้างด้วยเฮกเซนและ rinse ด้วยตัวอย่างน้ำก่อนใช้บรรจุตัวอย่าง อย่างน้อย 3 ครั้ง ทั้งนี้ถ้าขวดนั้นผ่านการใช้งานกับตัวอย่างที่คาดว่าจะมี PCB สูงมาแล้ว ให้งดใช้ขวดใบนั้น

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การสกัด PCB ในน้ำโดยใช้ XAD-2 Resin

1. ผ่านน้ำจากขวดบรรจุตัวอย่างลงในคอลัมน์โดยใช้ระบบกาลักน้ำหรือใช้ peristaltic pump โดยใช้ความเร็วไม่เกิน 0.5 ลิตรต่อนาที
2. ตวงวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลออกจากคอลัมน์และบันทึกไว้ที่ข้างคอลัมน์และในกระตาะฉบับที่กักข้อมูล

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำที่ยังไม่ได้สกัดให้เก็บในที่มืดและแช่เย็นได้ไม่เกิน 7 วัน ตัวอย่างที่สกัดแล้วบน resin สามารถเก็บในที่มืดและแช่เย็นได้ 30 วัน

การควบคุมคุณภาพ

ทำอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างและควรมีการทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นที่ปราศจาก PCB อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

ฟินอล

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดพลาสติกทึบแสงหรือขวดแก้วสีชา ขนาด 0.5-1 ลิตร

สารเคมี

กรดซัลฟูริกเข้มข้น

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

ขวดบรรจุตัวอย่างควรล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่ไม่มีสาร oxidizing agent และ rinse ด้วยน้ำสะอาด

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

Rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2 ครั้งก่อนบรรจุน้ำให้เกือบเต็มขวด

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. ปรับ pH ของน้ำให้น้อยกว่า 2 โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น (ประมาณ 2 มล. ต่อน้ำทะเล 1 ลิตร)
2. แช่เย็นตัวอย่าง ซึ่งจะเก็บรักษาได้ 1 เดือน

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำสองอย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด
2. ทำ blank อย่างน้อย 2 ชุดต่อตัวอย่างแต่ละชุด โดยใช้น้ำกลั่นที่ได้แบ่งส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการ

ไซยาไนด์

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดพลาสติกขนาด 500 มล. ไม่ควรใช้ขวดแก้ว

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
ละลายเกล็ดโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แห้งและสะอาด 40 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร เก็บสารละลายในขวดพลาสติก
2. ผง $PbCO_3$
สำหรับน้ำตัวอย่างที่มีซิลิโคไซด์สูง

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

ขวดบรรจุตัวอย่างควรล้างด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่ไม่มีสาร oxidizing agent และ rinse ด้วยน้ำสะอาด

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

Rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2 ครั้งก่อนบรรจุน้ำให้เกือบเต็มขวด

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. ปรับ pH ของน้ำตัวอย่างให้อยู่ในช่วง 12.0-12.5 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

2. ถ้าน้ำตัวอย่างมีกลิ่นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (กลิ่นไข่เน่า) ควรเติม $PbCO_3$ ลงไป เพื่อเปลี่ยนซัลไฟด์อิสระให้อยู่ในรูปของ PbS โดยเติมผง $PbCO_3$ ลงไปในกระທံงไม้ได้ กลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือใช้การทดสอบกับกระดาษ lead acetate ก็ได้ โดยทั่วไปจะใช้ ผง $PbCO_3$ ไม่เกิน 0.05 กรัม ต่อน้ำทะเล 500 มล.

3. สามารถเก็บรักษาน้ำตัวอย่างโดยการแช่เย็นในที่มืดได้ประมาณ 2 สัปดาห์

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำสองอย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

2. ทำ blank อย่างน้อย 2 ชุดต่อตัวอย่างแต่ละชุด โดยใช้น้ำกลั่นที่ได้แบ่งส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่ ห้องปฏิบัติการ

หมายเหตุ

สารที่เป็น oxidizing agents จะย่อยสลายไซยาไนด์ได้อย่างรวดเร็ว จึงต้องระมัดระวัง การปนเปื้อนจากสารเหล่านี้ เช่น น้ำยาฟอกขาว น้ำยาล้างห้องน้ำ

ฟลูออไรด์

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดพลาสติก ขนาดไม่น้อยกว่า 100 มล.

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

น้ำสะอาดที่ปราศจากคลอรีนและ rinse ด้วยน้ำกลั่น

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

Rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2 ครั้งก่อนบรรจุน้ำให้เกือบเต็มขวด

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ปิดฝาขวดให้สนิทและเก็บที่อุณหภูมิห้องหรือแช่เย็นได้ 1 เดือน

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำสองอย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด
2. ทำ blank อย่างน้อย 2 ขวดต่อตัวอย่างแต่ละชุด โดยใช้น้ำกลั่นที่ได้แบ่งส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการ

กัมมันตภาพรังสี (อัลฟาและบีตารวม)

อุปกรณ์

ไม่มี

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดแก้วหรือพลาสติกขนาด 1 ลิตร

สารเคมี

กรด HNO_3 หรือ HCl เข้มข้น

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

ล้างคราบสกปรกถ้ามีด้วยน้ำยาล้างจานและน้ำสะอาด หลังจากนั้นจึงเติมกรด HCl 10% ลงในขวดแต่ละใบให้เต็ม แช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง จึงเทออกและ rinse ขวดด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 2 ครั้ง กรด HCl 10% นี้สามารถใช้อ้างได้ประมาณ 3 ครั้ง

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

Rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้ง และจึงบรรจุน้ำลงขวดให้เกือบเต็ม

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ปรับ pH ของน้ำตัวอย่างให้น้อยกว่า 2 เพื่อป้องกันการตกตะกอนและการดูดซับสารกัมมันตรังสีโดยผนังขวด โดยปกติน้ำทะเล 1 ลิตร ควรใช้กรดประมาณ 1–2 มล. แต่ควรมีการตรวจสอบโดยใช้กระดาษวัด pH ด้วย ปิดฝาให้สนิทและเก็บขวดที่อุณหภูมิห้องตัวอย่างสามารถเก็บได้ 1 ปี แต่ทั้งนี้สารกัมมันตรังสีที่มีอายุสั้นบางตัวอาจสลายตัวไปจนเหลืออยู่น้อยมากได้

การควบคุมคุณภาพ

1. ควรมีการทำซ้ำสองอย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด
2. ทำ blank อย่างน้อย 2 ขวดต่อตัวอย่างแต่ละชุด โดยใช้น้ำกลั่นที่ได้แบ่งส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการ

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

อุปกรณ์

ชุดเครื่องมือเก็บน้ำแบบ sub-surface ในกรณีที่เก็บน้ำจากที่สูง

ขวดบรรจุตัวอย่าง

ขวดแก้วขนาด 250 มล. ที่มีฝาปิดที่สามารถถอดหรือหนึ่งฝาเชื่อมต่อ

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

ไม่มี

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

1. ล้างขวดและฝาด้วยน้ำยาล้างจานในน้ำร้อน ไม่ควรใช้น้ำยาล้างทำความสะอาดแบบที่มีคลอรีน หรือมีสารฆ่าเชื้อโรคผสมอยู่
2. rinse ขวดและฝาหลายๆ ครั้งด้วยน้ำกลั่น
3. ปิดฝาขวดแต่ละใบหลวมๆ พอลง
4. นำขวดไปทำการฆ่าเชื้อโดยวิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้
 - 4.1 อบในตู้อบที่ 170 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 2 ชั่วโมง หรือ
 - 4.2 หนึ่งหม้อหนึ่งความดัน (autoclave) ที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 15 นาที
5. ทิ้งให้เย็นและปิดฝาในแนบสนิท

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่มี

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ และทำความสะอาดที่เหมาะสมทางด้านจุลชีววิทยา แต่ให้ใช้วิธีอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การตักโดยตรง

โดยการคว่ำขวดและจุ่มลงตรงๆ ไปในน้ำลึกประมาณ 30 เซนติเมตร หลังจากนั้น จึงหยายขวดโดยหันปากขวดไปในทิศทางที่น้ำไหลมา หรือถ้าน้ำไม่ไหลให้ดันขวดไปข้างหน้า ช้าๆ เพื่อไม่ให้หน้าที่ปนเปื้อนจากมือของผู้เก็บไหลเข้าไปในขวด หรือ

2. การหย่อนขวดที่ถ่วงด้วยน้ำหนัก ในกรณีที่กราบเรือสูงเกินที่จะจ้วงตักด้วยมือ

โดยการถ่วงน้ำหนักที่กันขวดประมาณ 1 กิโลกรัม ลงไปลึกประมาณ 30 เซนติเมตร หรืออาจจะใช้อุปกรณ์แบบเดียวกับการเก็บน้ำ sub-surface เพื่อการวิเคราะห์หาปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอนก็ได้

น้ำที่เก็บด้วยวิธีนี้สามารถนำไปใช้ได้เลยโดยไม่ต้อง rinse ขวด แต่หลังจากเก็บน้ำขึ้นมาแล้ว ให้เทน้ำออกเพื่อให้มีที่ว่างประมาณ 2-3 เซนติเมตรจากปากขวด แล้วจึงปิดฝาขวดให้สนิท

การกรองน้ำตัวอย่าง

ไม่มี

การเก็บรักษาตัวอย่าง

แช่เย็นตัวอย่างที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะเก็บได้ประมาณ 24 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นไปได้ควรส่งตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการภายใน 6 ชั่วโมงหลังจากเก็บ

หมายเหตุ

ต้องระวังการปนเปื้อนจากปฏิบัติการและน้ำทิ้งต่างๆ โดยเฉพาะน้ำจากห้องส้วมของเรือ

คลอโรฟิลล์

อุปกรณ์

ชุดกรองแบบ vacuum หรือ in-line ที่ทาสีดำหรือติดเทปทากาวสีดำเพื่อป้องกันแสงขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดพลาสติกหรือแก้วที่ทึบแสง ขนาดอย่างน้อย 5 ลิตร สำหรับน้ำทะเลที่มีความโปร่งใสมากกว่า 10 เมตร ควรเก็บตัวอย่างน้ำไม่น้อยกว่า 10 ลิตร
2. ตลับพลาสติกทึบแสงสำหรับใส่แผ่นกรอง โดยไม่พับ ควรแยกใส่ตลับละ 1 แผ่น
3. ในกรณีที่จะทำการสกัดในภาคสนามต้องเตรียมหลอดเซนตริฟิวจ์แก้ว หรือ polypropylene หรือ Teflon หรือสารที่ทนต่ออะซิโตนเท่านั้น แบบมีฝาปิด (ถ้าจำเป็นอาจจะใช้แผ่นพาราฟินปิดแทนได้) ขนาดประมาณ 15 มล. หรือใหญ่กว่านั้นขึ้นกับปริมาตรที่ต้องใช้ในการวัดการดูดกลืนแสง ข้างหลอดควรมีขีดบอกปริมาตรด้วย

สารเคมี

1. ผลแมงนี่เซียมคาร์บอเนตแชนลอย
เติมผงแมงนี่เซียมคาร์บอเนตประมาณ 1 กรัมต่อน้ำกลั่น 100 มล.
2. เกล็ดซิลิกาเจลที่อบให้แห้งสนิทแล้ว
3. น้ำอะซิโตน

ผสมอะซิโตนชนิดสำหรับงานวิเคราะห์ (analytical grade) 9 ส่วนต่อน้ำกลั่น 1 ส่วน ควรแบ่งสารละลายนี้ใส่ในขวดชนิดน้ำที่ทำด้วย polypropylene หรือ teflon เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เยื่อกรอง

แผ่นเยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ที่มีขนาดตากรองละเอียดกว่า 1 um ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 หรือ 47 มม. หรือใหญ่กว่านั้น

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

น้ำยาล้างจานถ้ามีคราบสกปรกและล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง และก่อนใช้งานควร rinse ด้วยน้ำทะเลอย่างน้อย 2 ครั้ง เพื่อให้หมดสภาพกรด

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่จำเป็น

การถ่ายตัวอย่างน้ำลงขวดบรรจุตัวอย่าง

1. เชี่ยวเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้แหล่งต้นกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอก่อนถ่ายน้ำ
2. rinse ขวดบรรจุตัวอย่าง 2 ครั้ง
3. ระวังตัวอย่างไม่ให้โดนแสงที่แรงจัดในทุกขั้นตอนของการถ่ายตัวอย่าง

การกรองน้ำตัวอย่าง

1. ถ้าใช้การกรองแบบ vacuum ให้ปรับแรงดูดไม่เกิน 0.5 บรรยากาศ
2. เชี่ยวขวดหรือภาชนะที่ใส่น้ำก่อนถ่ายน้ำออกทุกครั้งเพื่อให้แหล่งต้นกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ
3. ตรวจสอบขนาดของน้ำก่อนกรอง โดยใช้กระบอกตวงที่อ่านได้ละเอียด ± 5 มล. หรือละเอียดกว่านั้น
4. ตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุดต่อการกรองแต่ละตัวอย่าง ไม่ควรน้อยกว่า 500 มล. ถ้าออกปฏิบัติการในบริเวณที่น้ำขุ่นมากเนื่องจากอนุภาคแขวนลอยอินทรีย์ เช่นบริเวณปากแม่น้ำ ให้เลือกใช้กระดาษกรองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น เช่น 70 มม. แต่ไม่ควรลดปริมาตรน้ำให้น้อยกว่า 500 มล.
5. โดยปกติจะยุติการกรองเมื่ออัตราการไหลน้อยกว่า 1 มล. ต่อ นาที (10 มล. ต่อ 10 นาที)
6. ก่อนที่จะยุติการกรอง ในขณะที่น้ำตัวอย่างยังไม่แห้งจากชุดกรอง ให้เติมผงแมกนีเซียมคาร์บอเนตแขวนลอยประมาณ 1 มล. ลงในตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงทำการกรองต่อจนกระทั่งแผ่นกรองแห้งสนิท
7. เก็บแผ่นกรองในตลับละ 1 แผ่น ปิดฝาตลับหลวมๆ พยายาม
8. เก็บตลับในโหลดูดความชื้น (dessicator) หรือภาชนะที่ปิดสนิทโดยมีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล ใส่ไว้ด้วย

การสกัดตัวอย่าง

1. ม้วนแผ่นกรองให้เป็นรูปทรงกระบอกโดยให้ด้านที่มีตัวอย่างอยู่ด้านในแต่อย่าพับแผ่นกรอง และใส่แผ่นกรองลงในหลอดเซนตริฟิวจ์
2. เติมสารละลายอะซีโตน 90% ลงไปพอท่วมแผ่นกรอง
3. ปิดฝาหลอดให้สนิทและหุ้มหลอดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. ตัวอย่างน้ำที่ยังไม่ได้กรอง ให้เก็บไว้ในที่มืดและเย็น ได้ไม่เกิน 15 นาที
2. ตัวอย่างที่อยู่บนแผ่นกรอง ให้เก็บโดยการแช่แข็งไว้ในภาชนะที่ปราศจากความชื้นและมิดสนิท อาจจะเก็บได้ประมาณ 1 เดือน แต่การเก็บไว้นานๆ นั้น อาจจะทำให้การสกัดในภายหลังทำได้ยาก จึงไม่แนะนำให้เก็บนานเกิน 7 วัน
3. ตัวอย่างที่สกัดแล้วด้วยอะซีโตน ให้เก็บในตู้แช่ที่ต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส และมิดสนิท จะเก็บได้ประมาณ 2 สัปดาห์

การควบคุมคุณภาพ

1. ทำซ้ำตัวอย่างอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด
2. ทำ blank อย่างน้อย 2 ครั้ง ต่อการสกัดตัวอย่าง 1 ชุด โดยใช้แผ่นกรองใหม่

หมายเหตุ

1. คลอโรฟิลล์และรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืชจะเสื่อมสลายได้ง่ายมากเมื่อโดนแสงสว่างและรังสีอัลตราไวโอเล็ต ดังนั้นจึงต้องป้องกันเรื่องแสงอย่างมาก
2. กรดและความเป็นกรดจะทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัว ดังนั้นขวดและอุปกรณ์ต่างๆ จะต้องล้างให้สะอาด และ rinse ด้วยน้ำทะเลหลายๆ ครั้งก่อนใช้งาน รวมทั้งต้องระวังความเป็นกรดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์และจากคราบเชื้อของผู้ปฏิบัติการด้วย

อนุภาคแขวนลอยรวม

อุปกรณ์

ชุดกรองน้ำ ถ้าต้องการกรองตัวอย่างในภาคสนามเพื่อลดปริมาณการขนส่งตัวอย่าง ขวดบรรจุตัวอย่าง

1. ขวดพลาสติกหรือแก้ว ขนาดอย่างน้อย 2 ลิตร สำหรับน้ำที่มีความขุ่นมากความโปร่งใสน้อยกว่า 2 เมตร และอย่างน้อย 5 ลิตรสำหรับน้ำทะเลทั่วไป สำหรับน้ำทะเลที่มีความโปร่งใสมากกว่า 10 เมตร ควรเก็บตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ลิตร
2. ตลับพลาสติกสำหรับใส่แผ่นกรอง โดยไม่พับ ควรแยกใส่ตลับละ 1 แผ่น

สารเคมี

ไม่มี

เยื่อกรอง

แผ่นเยื่อกรองใยแก้วหรือโพลีเมอร์ที่มีขนาดตากรองละเอียดกว่า 1 um ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม. หรือใหญ่กว่านั้น

การล้างทำความสะอาดขวดบรรจุตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่าง

ล้างขวดให้สะอาดปราศจากคราบต่าง ๆ โดยใช้ น้ำยาล้างจานหรือผงซักฟอก และ rinse ด้วยน้ำสะอาด

การล้างทำความสะอาดเยื่อกรอง

ไม่จำเป็น

การถ่ายตัวอย่างน้ำล้างขวดบรรจุตัวอย่าง

1. เชี่ยวเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำให้แห้งสนิทให้ดี ก่อนถ่ายน้ำตัวอย่างลงในขวดบรรจุตัวอย่าง
2. Rinse ขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 1-2 ครั้ง ก่อนบรรจุน้ำให้เต็มขวด

การกรองน้ำตัวอย่าง

1. ถ้าใช้การกรองแบบ vacuum ให้ปรับแรงดูดไม่เกิน 0.5 บรรยากาศ
2. เชี่ยวขวดหรือภาชนะที่ใส่น้ำก่อนถ่ายน้ำออกทุกครั้งเพื่อให้ตะกอนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ
3. ตรวจสอบปริมาตรของน้ำก่อนกรอง โดยใช้กระบอกตวงที่อ่านได้ละเอียด ± 5 มล. หรือละเอียดกว่านั้น
4. ตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุดต่อการกรองแต่ละตัวอย่าง ไม่ควรน้อยกว่า 500 มล. ถ้าออกปฏิบัติการณ์ในบริเวณที่น้ำขุ่นมาก ให้เลือกใช้กระดาษกรองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น เช่น 100 มม. แต่ไม่ควรลดปริมาตรน้ำให้น้อยกว่า 500 มล.
5. โดยปกติจะยุติการกรองเมื่ออัตราการไหลน้อยกว่า 1 มล. ต่อนาที (10 มล. ต่อ 10 นาที)
6. ล้างเกลือออกจากตะกอนที่กรองได้โดยใช้น้ำกลั่นประมาณ 10 มล. ฉีดเบาๆ ให้ทั่วแผ่นกรองและผนังกรวยบรรจุน้ำ แล้วเดินเครื่องกรองจนกระทั่งแผ่นกรองแห้งสนิท ทำซ้ำเช่นนี้ 3 ครั้ง
7. พับแผ่นกรองแบบพับสี่ แล้วเก็บแผ่นกรองในตลับ

การเก็บรักษาตัวอย่าง

1. ตัวอย่างน้ำที่ยังไม่ได้กรอง ให้แช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส จะเก็บได้ไม่เกิน 7 วัน ควรจะรีบกรองให้เร็วที่สุด
2. ตะกอนที่กรองแล้วบนกระดาษกรอง ให้เก็บโดยการแช่แข็ง จะเก็บได้ประมาณ 1 เดือน

การควบคุมคุณภาพ

ควรมีการทำซ้ำสองหรือสาม อย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

ภาคผนวก ก
การคำนวณความลึกจากเทอร์โมมิเตอร์แบบหกกลับ

กำหนดให้

- T_p = อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบ protected ตัวหลัก (main)
- t_p = อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบ protected ตัวรอง (auxillary)
- V_p = ปริมาตรของปรอทในเทอร์โมมิเตอร์แบบ protected ตัวหลักในหน่วยองศาเซลเซียสเป็นค่าเฉพาะของเทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งจะให้ไว้ในใบรับรองที่มากับเทอร์โมมิเตอร์
- I_p = ค่าแก้ของเทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งจะให้ไว้ในใบรับรองที่มากับเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งจะขึ้นกับ T_p
- T_u = อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบ unprotected ตัวหลัก (main)
- t_u = อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบ unprotected ตัวรอง (auxillary)
- V_u = ปริมาตรของปรอทในเทอร์โมมิเตอร์แบบ unprotected ตัวหลักในหน่วยองศาเซลเซียส เป็นค่าเฉพาะของเทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งจะให้ไว้ในใบรับรองที่มากับเทอร์โมมิเตอร์
- I_u = ค่าแก้ของเทอร์โมมิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งจะให้ไว้ในใบรับรองที่มากับเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งจะขึ้นกับ T_u
- K_{Hg} = ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของปรอท โดยทั่วไปเท่ากับ 6300
- K_p = ค่าแก้การแปลงอุณหภูมิเป็นความดัน
- P = ความดัน (dbar) ณ จุดที่เทอร์โมมิเตอร์หกกลับ

สมการ :

$$\Delta T_p = \frac{(T_p + V_p)(T_p - t_p)}{K_{Hg} - (T_p + V_p) - (T_p - t_p)} + I_p$$

$$\Delta T_u = \frac{(T_u + V_u)(T_p + \Delta T_p - t_u)}{K_{Hg}} + I_u$$

$$P = \frac{(T_u + \Delta T_u) - (T_p + \Delta T_p)}{K_p}$$

สำหรับในกรณีที่น้ำลึกไม่มากนัก เช่นไม่เกิน 100 เมตร ความดันในหน่วยเดซิบาร์ (dbar) จะมีค่าใกล้เคียงกับความลึกในหน่วยเมตร

ภาคผนวก ข
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง	ความแตกต่างระหว่างกระเปาะแห้ง - กระเปาะเปียก																																						
	0	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	1.	2.	2.	2.	2.	3.	3.	3.	3.	3.	4.	4.	4.	4.	0	2	4	6	8	0	2	4	6							
0	10	96	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	58	55	52	49	47	44	41	39	36	34	31	29															
1	10	96	92	89	85	82	79	75	72	69	66	63	60	57	54	52	49	46	44	41	39	37	34	32															
2	10	96	93	89	86	83	79	76	73	70	67	65	62	59	56	54	51	49	46	44	42	39	37	35															
3	10	97	93	90	87	84	80	77	74	71	69	66	63	61	58	56	53	51	49	46	44	42	40	38															
4	10	97	93	90	87	84	81	78	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	51	48	46	44	42	40															
5	10	97	94	91	88	85	82	79	77	74	71	69	66	64	62	59	57	55	53	51	48	46	44	42															
6	10	97	94	91	88	85	83	80	77	75	72	70	68	65	63	61	59	56	54	52	50	48	46	45															
7	10	97	94	91	89	86	83	81	78	76	73	71	69	67	64	62	60	58	56	54	52	50	48	47															
8	10	97	94	92	89	87	84	82	79	77	74	72	70	68	66	64	61	60	58	56	54	52	50	48															
9	10	97	95	92	90	87	85	82	80	78	75	73	71	69	67	65	63	61	59	57	55	54	52	50															
10	10	97	95	92	90	88	85	83	81	78	76	74	72	70	68	66	64	62	61	59	57	55	54	52															
11	10	97	95	93	90	88	86	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	64	62	60	58	57	55	53															
12	10	98	95	93	90	88	86	83	81	79	77	75	74	72	70	68	66	65	63	61	60	58	56	55															
13	10	98	95	93	91	89	87	85	83	80	79	77	75	73	71	69	68	66	64	63	61	59	58	56															
14	10	98	95	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	74	72	70	68	67	65	64	62	61	59	57															
15	10	98	96	93	91	89	87	85	83	82	80	78	76	74	73	71	69	68	66	65	63	62	60	59															
16	10	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	79	77	75	74	72	70	69	67	66	64	63	61	60															
17	10	98	96	94	92	90	88	86	84	83	81	79	78	76	74	73	71	70	68	67	65	64	62	61															
18	10	98	96	94	92	90	88	87	85	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69	67	66	65	63	62															
19	10	98	96	94	92	91	89	87	85	84	82	80	79	77	76	74	73	71	70	68	67	66	64	63															
20	10	98	96	94	93	91	89	87	86	84	82	81	79	78	76	75	73	72	70	69	68	66	65	64															
21	10	98	96	95	93	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	74	73	71	70	68	67	66	65															
22	10	98	96	95	93	91	90	88	86	85	83	82	80	79	77	76	74	73	72	70	69	66	67	65															
23	10	98	96	95	93	92	90	88	87	85	84	82	81	79	78	76	75	74	72	71	70	69	67	66															
24	10	98	97	95	93	92	90	89	87	85	84	83	81	80	78	77	76	74	73	72	70	69	68	67															
25	10	98	97	95	93	92	90	89	87	86	84	83	82	80	79	77	76	75	74	72	71	70	69	68															
26	10	98	97	95	94	92	91	89	88	86	85	83	82	81	79	78	77	75	74	73	72	71	69	68															
27	10	98	97	95	94	92	91	89	88	86	85	84	82	81	80	78	77	76	75	73	72	71	70	69															
28	10	98	97	95	94	92	91	89	88	87	85	84	83	81	80	79	78	76	75	74	73	72	70	69															
29	10	98	97	95	94	93	91	90	88	87	86	84	83	82	80	79	78	77	76	74	73	72	71	70															
30	10	98	97	96	94	93	91	90	89	87	86	85	83	82	81	80	78	77	76	75	74	73	72	70															
31	10	99	97	96	94	93	91	90	89	87	86	85	84	82	81	80	79	78	76	75	74	73	72	71															
32	10	99	97	96	94	93	92	90	89	88	86	85	84	83	81	80	79	78	77	76	75	74	72	71															
33	10	99	97	96	94	93	92	90	89	88	87	85	84	83	82	81	79	78	77	76	75	74	73	72															
34	10	99	97	96	95	93	92	91	89	88	87	86	84	83	82	81	80	79	78	76	75	74	73	72															
35	10	99	97	96	95	93	92	91	89	88	87	86	85	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72														

ภาคผนวก ค

การเตรียมสารละลาย Forel-Ule เพื่อใช้เทียบสีน้ำทะเล

สารเคมี

I. สารละลาย CuSO_4

ผสม $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม น้ำแอมโมเนีย (NH_4OH) เข้มข้น 5 มล. และทำปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น

II. สารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$

ผสม $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม น้ำแอมโมเนีย (NH_4OH) เข้มข้น 5 มล. และทำปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น

III. สารละลาย CoSO_4

ผสม $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม น้ำแอมโมเนีย (NH_4OH) เข้มข้น 5 มล. และทำปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น

ผสมสารละลายหมายเลข I, II และ III ในสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ สำหรับสีหมายเลข 1 ถึง 21 ดังนี้

		สีหมายเลข																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
I		100	98	95	91	86	80	73	65	56	46	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
II		0	2	5	9	14	20	27	35	44	54	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
III		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
		ฟ้า	ฟ้าปนเขียว	เขียวปนฟ้า	เขียว	เหลืองปนเขียว	เหลือง	น้ำตาล															

(จาก Hutchinson, 1967)

บรรจุสารละลายสีในหลอดแก้วใส แล้วจัดเรียงในกล่องที่มีพื้นหลังเป็นสีขาวเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

ควรเตรียมสารละลายสีเหล่านี้ใหม่อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ภาคผนวก ง

การ calibrate และหาค่าความเค็ม (PSS-78) โดยใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า

Conductivity Ratio ของน้ำทะเลมาตรฐาน

Conductivity ratio ที่ระบุไว้ข้างหลอด เช่น 0.9985 หมายความว่า การนำไฟฟ้าของน้ำนั้นจะเป็น 0.9985 เท่าของน้ำที่มี practical salinity เท่ากับ 35.000 (ซึ่งตามมาตรฐาน PSS-78 ให้ใช้สารละลาย KCl 32.4356 กรัมในน้ำกลั่น 1 กก.) ที่ 15 องศาเซลเซียส

การหา Conductivity ratio ของน้ำทะเลมาตรฐานที่อุณหภูมิใดๆ

การแปลง Conductivity ratio จากที่ 15 °C ให้เป็นที่อุณหภูมิที่เราทำการวัด เช่น 28 °C ทำได้โดย

Conductivity ratio ที่ 15 °C ของน้ำทะเลมาตรฐานที่ใช้ คุณด้วย conductivity ratio ของน้ำทะเลที่มีความเค็ม 35.000 psu ณ ที่อุณหภูมินั้น (ดูจากตารางค่า conductivity ratio) ตัวอย่างในกรณีนี้ น้ำทะเลที่เขียนข้างหลอดว่ามี conductivity ratio ที่ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.9985 จะมี conductivity ratio ที่ 28 องศาเซลเซียส เท่ากับ $0.9985 \times 0.9988 = 0.9973$

การหา conductivity ratio ของน้ำทะเลตัวอย่าง

conductivity ratio ที่อุณหภูมิต่างๆ ของน้ำตัวอย่าง เท่ากับ conductivity ที่วัดได้ของน้ำตัวอย่างหารด้วย conductivity ที่วัดได้ของน้ำทะเลมาตรฐาน คุณด้วย conductivity ratio ที่อุณหภูมินั้นของน้ำทะเลมาตรฐานที่เราใช้

สมมติว่าวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทะเลมาตรฐานได้เป็น 57015 umhos/cm และของน้ำทะเลตัวอย่างเป็น 53,730 umhos/cm อุณหภูมิขณะวัดสมมติว่าเป็น 28 °C ดังนั้น conductivity ratio ของน้ำตัวอย่างนี้และที่อุณหภูมินี้ จะเท่ากับ $53730/57015 \times 0.9973 = 0.9398$

การคำนวณความเค็ม (PSS-78)

แทนค่า conductivity ratio ของน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ทำการวัด (R_T) ลงในสมการของ Unesco (1978)

$$s = a_0 + a_1 R_T^{1/2} + a_2 R_T + a_3 R_T^{3/2} + a_4 R_T^2 + a_5 R_T^{5/2} + \Delta S$$

โดยที่

$$\Delta S = \left[\frac{t-15}{1 + 0.0162 \cdot (t-15)} \right] (b_0 + b_1 R_T^{1/2} + b_2 R_T + b_3 R_T^{3/2} + b_4 R_T^2 + b_5 R_T^{5/2})$$

a_0	=	0.0080	b_0	=	0.0005
a_1	=	-0.1692	b_1	=	-0.0056
a_2	=	25.3851	b_2	=	-0.0066
a_3	=	14.0941	b_3	=	-0.0375
a_4	=	-7.0261	b_4	=	0.0636
a_5	=	2.7081	b_5	=	-0.0144

ซึ่งในกรณีตัวอย่างนี้ความเค็มของน้ำที่คำนวณเท่ากับ 32.688 psu

ตารางค่า conductivity ratio สำหรับน้ำทะเลที่มีความเค็ม 35.00 psu ที่อุณหภูมิต่างๆ

หลัก	หลักสิบของอุณหภูมิ				
	0	1	2	3	4
0	1.0023	1.0006	0.9995	0.9986	0.9980
1	1.0021	1.0005	0.9994	0.9986	0.9979
2	1.0019	1.0004	0.9993	0.9985	0.9979
3	1.0017	1.0002	0.9992	0.9984	0.9978
4	1.0016	1.0001	0.9991	0.9983	0.9978
5	1.0014	1.0000	0.9990	0.9983	0.9977
6	1.0012	0.9999	0.9989	0.9982	0.9977
7	1.0011	0.9998	0.9989	0.9982	0.9976
8	1.0009	0.9997	0.9988	0.9981	0.9976
9	1.0008	0.9996	0.9987	0.9980	0.9975



