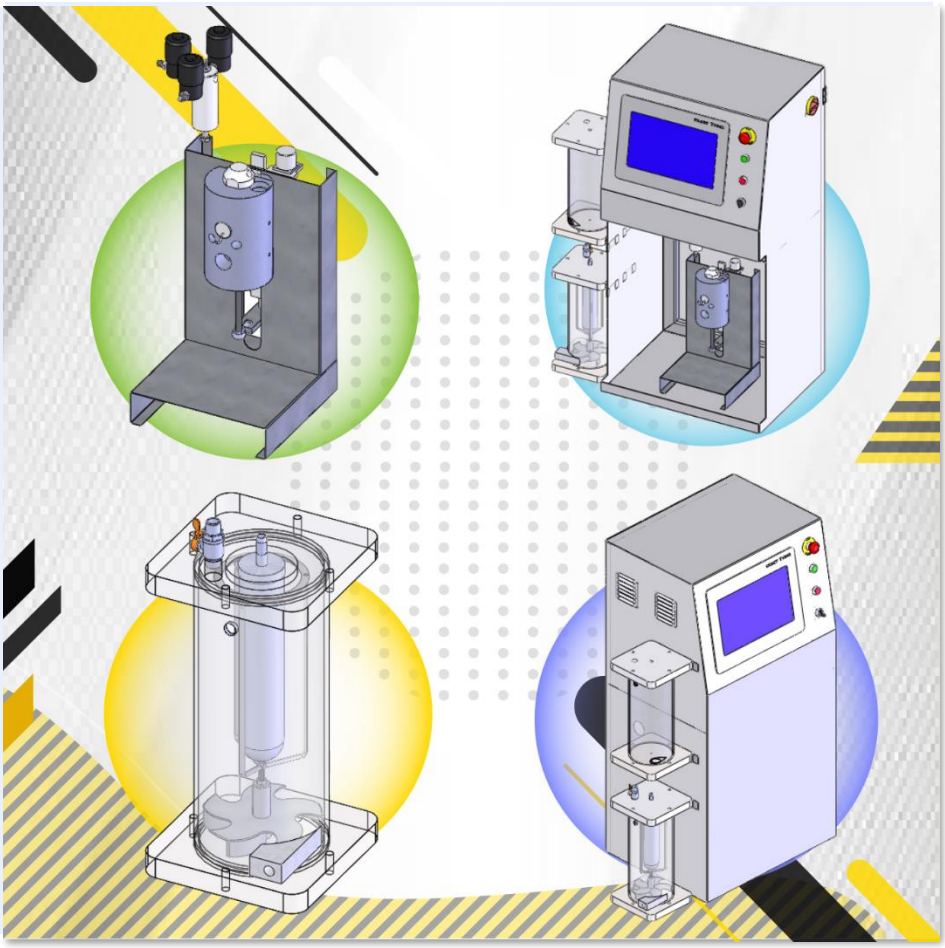
โครงการวิจัยที่ ภ.53-06/ย.2/รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

โครงการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียแบบออนไลน์



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ.53-06
โครงการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียแบบออนไลน์

โครงการย่อยที่ 2
โครงการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียแบบออนไลน์

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)
โครงการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียแบบออนไลน์
Development of Online Total Organic Carbon Analyzer

โดย

แสวง เกิดประทุม **บุญชู ลีลาขจรจิต**
เอกชัย ธรรมสัตย์ **ทรงเกียรติ รอดแดง**
สายชล เสถียรดี **บุญเตือน มงคลแถลง**

บรรณาธิการ วว., ปทุมธานี 2565
อลิสรา คูประสิทธิ์ สงวนลิขสิทธิ์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
สลิลดา พัฒนศิริ

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นางชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต)
ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงานขอขอบคุณ บริษัท โรงงานเส้นหมี่ชอเฮง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการนำเครื่องวัด TOC ของทางโครงการฯ ไปทดสอบการใช้งาน และศึกษาเปรียบเทียบเครื่องวัด TOC แบบออนไลน์ของทางบริษัท และขอขอบคุณ ดร.สมชาย ดารารัตน์ ฝ่ายเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร วว. ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการนำเครื่อง TOC ของฝ่ายมาใช้สำหรับการปรับเทียบเครื่อง TOC ที่ทางโครงการฯ พัฒนาขึ้น.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. การหาค่า TOC จากคุณสมบัติการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ของน้ำเสีย	14
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	22
4. การจัดทำเครื่องต้นแบบตรวจติดตามค่าปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียด้วย UV	39
5. สรุปผลการทดลอง	50
6. ข้อเสนอแนะ	51
7. เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	53

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.	การเตรียมสารละลายความขุ่น	18
ตารางที่ 2.	การเตรียมสารละลายความขุ่น	19

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1	แผนผังแสดงขั้นตอนโดยสังเขปของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์	6
รูปที่ 1.2	แผนผังแสดงหลักการทำงานโดยสังเขปของเครื่องวัด TOC แบบออนไลน์	7
รูปที่ 1.3	แสดงความยาวคลื่นของแสงยูวีที่สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบต่างๆ ดูดกลืน	9
รูปที่ 1.4	แสดงส่วนประกอบหลักของ SCADA	10
รูปที่ 1.5	แสดงตัวอย่าง RTU Module	11
รูปที่ 1.6	แสดงรูปแบบระบบ SCADA ในลักษณะระบบเดี่ยว	12
รูปที่ 1.7	แสดงระบบ SCADA ในลักษณะระบบเดี่ยวที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เป็นเครือข่าย	13
รูปที่ 1.8	แสดงรูปแบบระบบ SCADA ในลักษณะระบบกระจาย	13
รูปที่ 1.9	แสดงรูปแบบระบบ SC	14
รูปที่ 3.1	กราฟแสดงผลการทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีการดูดกลืนที่ดีกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นไม่เกิน 10 ppm (ผลจากภาคผนวกตารางที่ 1)	22
รูปที่ 3.2	กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดต่างๆ จากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไม่เกิน 100 ppm (ผลจากภาคผนวกตารางที่ 2)	23
รูปที่ 3.3	กราฟแสดงผลทดสอบการดูดกลืนแสงรังสี UVC ขอคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	24
รูปที่ 3.4	กราฟผลของความขุ่นจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสี UVC	25
รูปที่ 3.5	กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ในน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่า 5 ppm	26
รูปที่ 3.6	กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ในน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นไม่เกิน 30 ppm	27

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7	กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูง ในน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นมากกว่า 30 ppm	27
รูปที่ 3.8	กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ในน้ำที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ในปริมาณต่างๆ กัน	28
รูปที่ 3.9	กราฟแสดงผลของความขุ่นที่มีผลต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ	29
รูปที่ 3.10	กราฟแสดงผลของความขุ่นปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 NTU ที่มีผลต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ	30
รูปที่ 3.11	กราฟแสดงผลของความขุ่นในช่วง 10 ถึง 50 NTU ที่มีต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ	31
รูปที่ 3.12	ผลของความขุ่นที่มีผลต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ	32
รูปที่ 3.13	กราฟแสดงผลของความขุ่นที่วัดได้จากเครื่องวัดความขุ่น (NTU)	33
รูปที่ 3.14	ผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ด้วยชุดอุปกรณ์ที่โครงการพัฒนาขึ้น และเครื่องของ SHIMASU	34
รูปที่ 3.15	กราฟแสดงผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยชุดอุปกรณ์เครื่อง SHIMASU	35
รูปที่ 3.16	กราฟแสดงผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยชุดอุปกรณ์ที่โครงการพัฒนาขึ้น	36
รูปที่ 3.17	กราฟแสดงผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยเครื่อง SHIMASU	37
รูปที่ 3.18	กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UV ของปริมาณคาร์บอนในน้ำที่มีปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์ ด้วยชุดอุปกรณ์ที่โครงการพัฒนาขึ้นโดยใช้รังสี UVC	38
รูปที่ 4.1	ภาพเขียนแสดงเครื่องตรวจติดตามปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียแบบออนไลน์	39

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2	ภาพเขียนแสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตของเครื่องตรวจติดตามฯ แบบออนไลน์	40
รูปที่ 4.3	ภาพเขียนแสดงชุดอุปกรณ์สำหรับตรวจวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้	41
รูปที่ 4.4	ภาพเขียนสามมิติแสดงชุดอุปกรณ์กรองความขุ่นน้ำเสียที่สามารถทำความสะอาดได้ด้วยตนเอง	42
รูปที่ 4.5	เครื่องต้นแบบเครื่อง TOC	43
รูปที่ 4.6	แสดงภาพชุดเก็บตัวอย่างน้ำ	43
รูปที่ 4.7	แสดงภาพด้านหน้าและด้านหลังของชุดสำหรับทำการทดสอบ	44
รูปที่ 4.8	แสดงภาพชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง	45
รูปที่ 4.9	แสดงชุดสำหรับประมวลผล	46

DEVELOPMENT OF ONLINE TOTAL ORGANIC CARBON ANALYZER

Sawaeng Gerdpratoom, Boonchu Leelakajohnjit, Ekachai Thammasat, Songkiat Roddeang, Saichon Satiendee, Boontheun Mongkolthalaeng and Poonyisa Saikeaw

ABSTRACT

Nowadays, Most of Total Organic Carbon Analyzer combust Sample water or waste water until all of the organic carbon oxidized to carbon-dioxide, or else, oxidizing the whole organic carbon in the sample to carbon-dioxide by chemical methods, then detect the quantity of carbon-dioxide by using NDIR sensor (utilizing the UV-absorption property of carbon-dioxide). These Techniques are highly expensive investment (especially from high instrumentation cost). Hence, this project try to study the UV-absorption characteristics of organic carbon in sample water at low carbon concentration (<30ppm). The UV wavelength in this study is around 220-280 nanometer, In order to eliminate zero setting error from each measurement the detected photoelectric current value in this study will record in relative to reference non-organic carbon water as I/I_0 which found to be linear in the water that have TOC concentration less than 30 ppm. The precision of equipment developed in this study has the coefficient of determination as R^2 9.97 with standard carbon concentration sample, and R^2 =0.94 with field waste water sample, it is comparable to commercial equipment with NDIR method that has R^2 = 0.98. Water turbidity can disturb UV-absorption detection, thus, at high TOC water (>30ppm) the detected carbon-dioxide value will more than the truth because the turbidity can shade the UV-light.

โครงการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียแบบออนไลน์

แสวง เกิดประทุม[1], บุญชู ลีลาขจรจิต[1], เอกชัย ธรรมสัตย์[1], ทรงเกียรติ รอดแดง[1], สายชล เสถียรดี[1], บุญเตือน มงคลแถลง[1] และปุญญิสา สายแก้ว[1]

บทคัดย่อ

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ จะใช้หลักการเผาน้ำหรือน้ำเสียที่มีคาร์บอนอินทรีย์ปนอยู่ หรือทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ โดยการใช้สารเคมีจนเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วทำการวัดหาปริมาณน้ำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นโดยใช้การดูดกลืนแสงอินฟาเรด ด้วยเครื่องวัด NDIRsensor ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวมีราคาสูง โครงการวิจัยนี้ได้ทำการวัดหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำในปริมาณต่ำ (TOC น้อยกว่า 30 ppm) โดยใช้หลักการการดูดกลืนแสงของอินทรีย์สารของน้ำโดยใช้แสงยูวีซี ช่วงความยาวคลื่น 220-280 นาโนเมตร ซึ่งวัดค่าความสัมพันธ์ของความเข้มแสงหลังถูกดูดกลืน (Io) เป็นสัดส่วนของ I/Io มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงช่วงความเข้มข้น TOC น้อยกว่า 30 ppm ของ TOC ที่เตรียมจากสารมาตราฐานโดยมีสัดส่วนของความแม่นยำ R-Squared : R^2 = 0.97 และ R^2 = 0.94 เมื่อทำการทดลองวัดค่า TOC ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดโดยทำการวัดค่า TOC เทียบกันเครื่องวัด TOC แบบวัดด้วย NDIR ที่มีในท้องตลาดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่มีค่า R^2 =0.98 แต่เนื่องจากการวัดค่า TOC ในน้ำโดยใช้ระบบการดูดกลืนแสงยูวี มีความขุ่นของน้ำเป็นตัวรบกวนทำให้ค่าการวัดผิดพลาด ดังนั้น ที่ค่าความเข้มข้นของ TOC สูงๆ (สูงกว่า 30 ppm) จะทำให้ค่า TOC ที่วัดได้จากการดูดกลืนแสง สูงกว่าความเป็นจริงเนื่องจากน้ำเกิดเป็นความขุ่นบังแสงยูวี.

[1] ฝ่ายวิศวกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

การปล่อยน้ำเสียอุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการบำบัดหรือบำบัดไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม กอรปกับโรงงานอุตสาหกรรมมีมากขึ้น ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมมีมากขึ้น เจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่คอยตรวจติดตามและควบคุมมีจำนวนจำกัด ทำให้ปัญหาการปล่อยน้ำเสียที่ไม่ได้คุณภาพ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมก่อนที่เจ้าหน้าที่จะตรวจพบหรือก่อนที่เจ้าหน้าที่จะทราบ ทำให้เกิดความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมหรือมีการร้องเรียนโดยประชาชนผู้ได้รับผลกระทบ เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว จึงได้มีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องกำหนดให้โรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียที่ต้องติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม พ.ศ. 2547 และประกาศเพิ่มเติมปี พ.ศ. 2548 ให้โรงงานอุตสาหกรรมที่มีน้ำเสียเกิน 500 ลูกบาศก์เมตร ต้องติดตั้งอุปกรณ์พิเศษที่สามารถวัดค่า BOD และ COD ระบบออนไลน์ เพื่อทำการตรวจวัดและบันทึกคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดก่อนปล่อยออกนอกโรงงาน ส่งผลผ่านระบบโทรคมนาคมไปยังระบบฐานข้อมูลของกรมโรงงาน เพื่อเป็นการเฝ้าติดตามและเก็บข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนหลังได้ ส่งผลทำให้ระบบควบคุมการปล่อยน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพ และทันต่อสถานการณ์มากยิ่งขึ้น ทั้งยังจะช่วยลดภาระเจ้าหน้าที่ที่ต้องตรวจโรงงานลงได้ด้วย.

ประกาศดังกล่าว ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมนับพันโรงงาน ต้องประสบปัญหาในการที่จะต้องจัดหาอุปกรณ์เหล่านั้นมาติดตั้ง เนื่องจาก เป็นระบบที่ค่อนข้างซับซ้อนและยังถือว่าเป็นเรื่องที่ใหม่มากไม่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศเรา ประกอบกับอุปกรณ์ดังกล่าวส่วนใหญ่ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศอยู่และมีราคาแพง (ราคาประมาณ 1.3 – 2 ล้านบาท) ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมต้องประสบปัญหาความเดือดร้อนเป็นอย่างมาก ในการที่จะนำอุปกรณ์เหล่านี้มาติดตั้ง จึงทำให้กระทรวงอุตสาหกรรมต้องประกาศเลื่อนกำหนดการบังคับใช้อุปกรณ์ดังกล่าวไปจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 ดังนั้น ฝ่ายวิศวกรรมสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่มีความพร้อมทางด้านวิชาการและบุคลากรจึงเห็นสมควรพัฒนาสร้างอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อทดแทนการนำเข้า และผู้ประกอบการจะได้ใช้อุปกรณ์ในราคาถูก ลดต้นทุนกับผู้ประกอบการอุตสาหกรรม และยังสนองต่อมาตรการของกระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถควบคุมการปล่อยมลพิษน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลต่อสภาพแวดล้อมที่ดีในอนาคต การลดการนำเข้าอุปกรณ์ประเภทนี้ จะช่วยทำให้ประหยัดเงินตรา

ต่างประเทศ และจะเป็นการสร้างฐานองค์ความรู้ด้านอุปกรณ์เครื่องมือวัด เพื่องานสิ่งแวดล้อมและอุตสาหกรรมต่อไป.

1.2 การหาปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียแบบใช้การเผาด้วยอุณหภูมิสูง

กรรมวิธีการหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากวิธีหนึ่งในปัจจุบัน ได้แก่ การหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์แบบที่ใช้ NDIR (Nondispersive Infrared) โดยปกติ คาร์บอนที่อยู่ในน้ำเสียจะประกอบด้วยคาร์บอนที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ คาร์บอนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เรียกว่า Total Organic Carbon (TOC) ส่วนคาร์บอนที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ เรียกว่า Total Inorganic Carbon (TIC) อยู่ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต (CO^{2-}_3 และ HCO^{-}_3) ในการวิเคราะห์ TOC จำเป็นจะต้องกำจัด TIC ก่อน โดยการเติมกรด โดยปกติจะใช้กรดฟอสฟอริกทำปฏิกิริยากับ CO^{2-}_3 และ HCO^{-}_3 ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังแสดงในสมการ

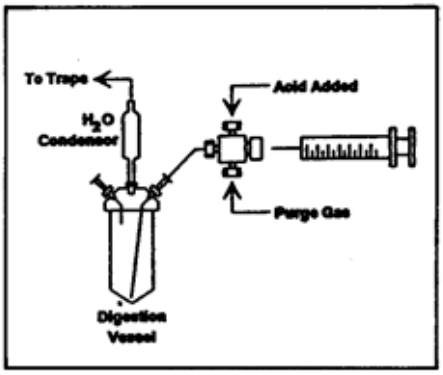
$$CO^{2-}_3 + 2H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O$$
$$HCO^{-}_3 + H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

แล้วทำการไล่ก๊าซ CO_2 ด้วยก๊าซไนโตรเจน ถ้าต้องการวัดค่า TIC ได้ โดยการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นวัดหาปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยใช้ carbon dioxide sensor แบบ NDIR (Nondispersive Infrared) ถ้าต้องการวัดค่า TOC นำน้ำตัวอย่างที่ไล่ TIC ออกหมดแล้วไปทำการย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ในถังปฏิกิริยาคาร์บอนที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์.

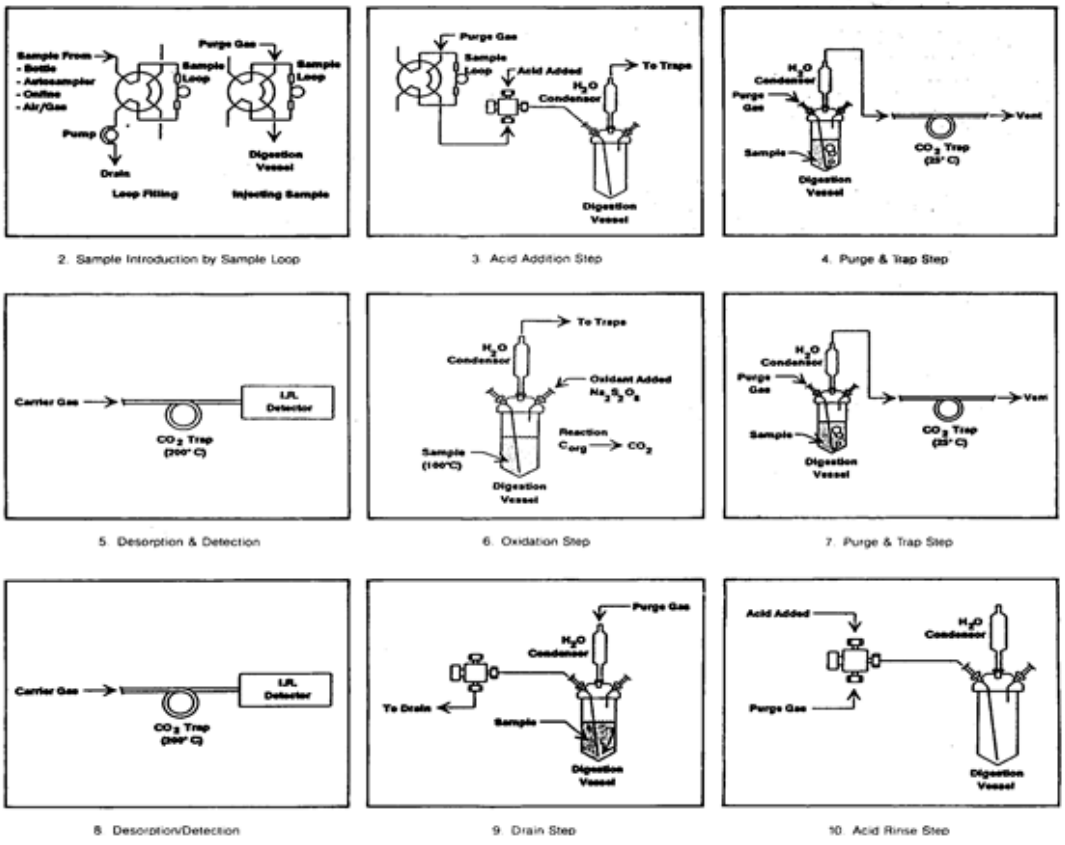
$$R\text{-}CH_3 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

จากนั้น ทำการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ที่เกิดจากปฏิกิริยาด้วย NDIR นำไปคำนวณเป็นค่า TOC ของน้ำเสีย จากนั้นจึงนำค่า TOC ที่ได้ไปเทียบสัดส่วน BOD/TOC และ COD/TOC ของน้ำเสีย นำมาคำนวณกลับเป็นค่า BOD และ COD จากค่าปริมาณ TOC ที่อยู่ในรูปสัญญาอะนาล็อก (Analog) หรือในรูป 4-20 มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) นำมาประมวลผลและสร้างโปรแกรมส่งผ่านข้อมูลทางโทรคมนาคมทั้งแบบสายและไร้สาย ส่งเข้าฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม พร้อมระบบจัดเก็บข้อมูลเพื่อการดูหรือตรวจสอบย้อนหลัง.
สรุป ขั้นตอนการทำงานของเครื่องวัด TOC แบบออนไลน์ มีดังนี้:

1. ขั้นตอนการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำเสีย Sampling ซึ่งจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้ Autosampler, Process/online or Loopsampling ซึ่งจะต้องมีความแม่นยำทั้งปริมาตรและช่วงเวลาในการเก็บ หรือท่อที่เก็บได้ต้องเป็นตัวแทนน้ำที่แท้จริง
2. ขั้นตอนการไล่อนินทรีย์คาร์บอน (TIC) โดยการเติมกรดแล้วไล่คาร์บอนไดออกไซด์ด้วยก๊าซไนโตรเจน
3. ขั้นตอนย่อยอินทรีย์คาร์บอน TOC ซึ่งโดยปกติมี 4 วิธี 1) การเผาไหม้ 2) การใช้สารเคมีกลุ่ม Persulfate 3) Persulfate ร่วมกับแสง UV 4) ใช้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการย่อยด้วย UV 185 นาโนเมตร ร่วมกับ TiO_2 หรือ Persulfate
4. วัดปริมาณก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นด้วย NDIR จะได้ปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นทั้งหมด แปลงเป็นค่า TOC, BOD และ COD ตามสัดส่วนที่หาไว้ก่อนหน้าของน้ำเสียแต่ละชนิดจากนั้น แปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าสู่ระบบประมวลผล และเก็บข้อมูลแล้วเข้าสู่ระบบจัดส่งข้อมูลทางโทรคมนาคมและการแสดงผลและบันทึก

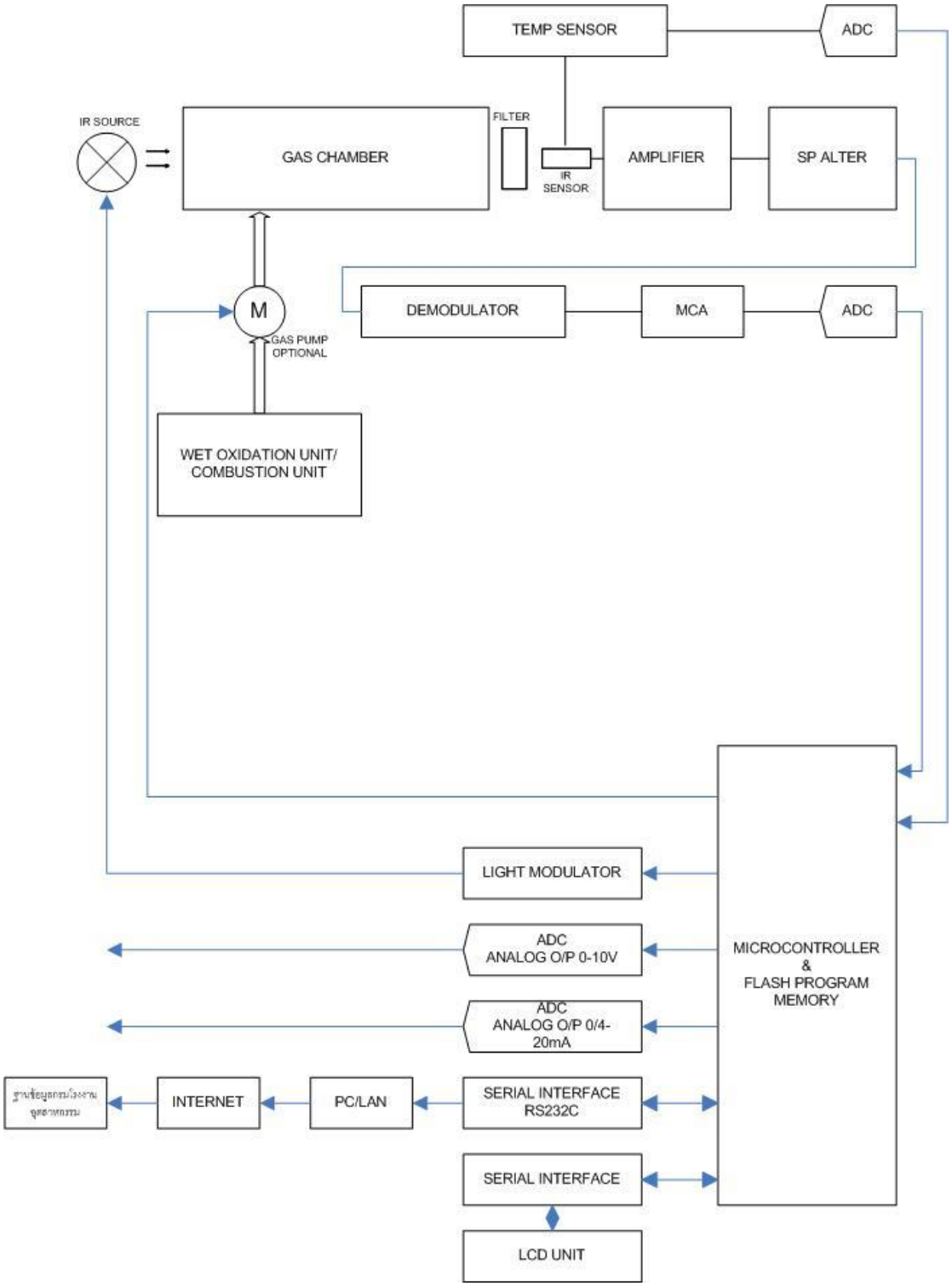


1. Sample Introduction by Syringe



2. Sample Introduction by Sample Loop
3. Acid Addition Step
4. Purge & Trap Step
5. Desorption & Detection
6. Oxidation Step
7. Purge & Trap Step
8. Desorption/Detection
9. Drain Step
10. Acid Rinse Step

รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงขั้นตอนโดยสังเขปของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์.



รูปที่ 1.2 แผนผังแสดงหลักการทำงานโดยสังเขปของเครื่องวัด TOC แบบออนไลน์.

1.3 การหาปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียโดยอาศัยคุณสมบัติการดูดกลืนแสงรังสีอัลตราไวโอเลต

เนื่องจากการหาปริมาณ TOC แบบ NDIR นี้ยังคงซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายที่สูงอยู่ ในการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาหาแนวทางอื่นๆ เพื่อมาใช้สำหรับการหาปริมาณ TOC เพิ่มเติมด้วย เพื่อช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ที่ได้ตั้งขึ้นไว้เป็นเบื้องแรก ดังนี้:

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องวัด TOC แบบออนไลน์ และสามารถส่งข้อมูลทางระบบโทรคมนาคมพร้อมมีระบบเทียบสัดส่วนแสดงผลค่า BOD และ COD ได้
2. เพื่อทดแทนการนำเข้าอุปกรณ์เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ
3. เพื่อทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบจากมาตรการของรัฐ ให้สามารถมีอุปกรณ์ที่มีราคาถูกได้ลดค่าใช้จ่าย
4. เพื่อทำให้มาตรการของรัฐที่จะดำเนินการควบคุมการปล่อยน้ำเสียอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จึงจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมโดยรวมต่อไป

สำหรับเบื้องแรกนี้ ในการศึกษาหาแนวทางอื่นๆ มาประยุกต์ใช้งาน ทางโครงการคงเน้นการหาปริมาณ TOC ด้วยอุปกรณ์ทางแสงเป็นส่วนใหญ่ เช่น การศึกษาหาผลกระทบจากการใช้รังสีอัลตราไวโอเลต หรือรังสี UV ชนิดต่างๆ กับน้ำเสียที่เตรียมขึ้นให้มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่างๆ กัน.

เนื่องจากระบบการวิเคราะห์ TOC ในน้ำและน้ำเสียโดยวิธีการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาน้ำตัวอย่างด้วย NDIR Sensor มีขั้นตอนการวัดค่อนข้างยาก อุปกรณ์ราคาแพง ซึ่งจะทำให้เครื่องราคาสูงมากเกินกว่า 500,000 บาท ตามที่ตั้งเป้าหมายของโครงการ โครงการจึงได้ทำการศึกษาวัดปริมาณ TOC ในน้ำ โดยการวัดปริมาณที่สารอินทรีย์ในน้ำดูดกลืนแสงยูวีซี (UV-C) ช่วงความยาวคลื่น 220-280 นาโนเมตร ซึ่งจะมีสารอื่นหรือที่มีพันธะโควาเลนต์ สามารถดูดซึมแสงยูวีช่วงความยาวคลื่นต่างๆ.

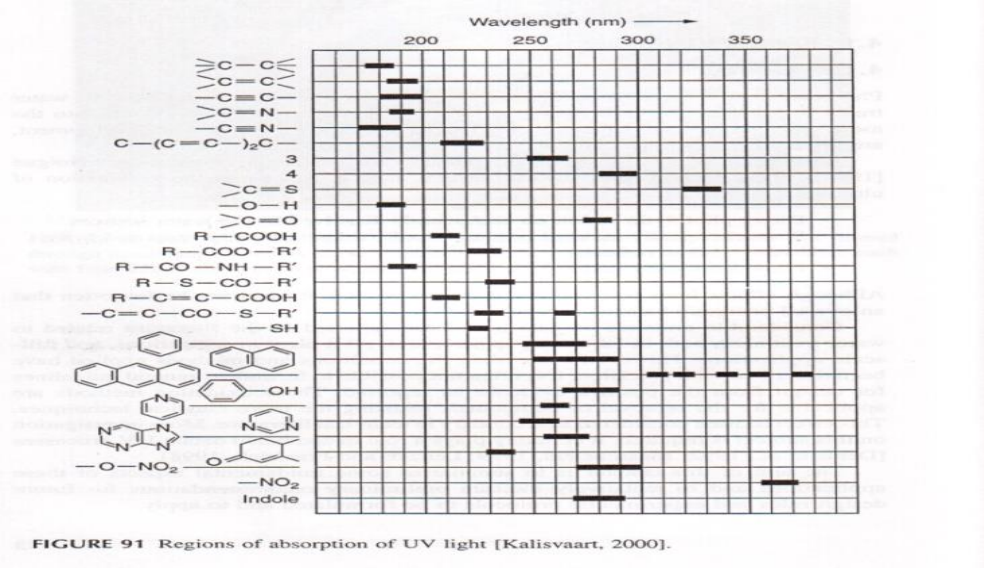


FIGURE 91 Regions of absorption of UV light [Kalisvaart, 2000].

รูปที่ 1.3 ความยาวคลื่นของแสงยูวีที่สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบต่างๆ ดูดกลืน.

1.4 ระบบจัดส่งข้อมูลทางโทรคมนาคม

ระบบการจัดส่งข้อมูลทางโทรคมนาคม หรือระบบออนไลน์ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ จะเรียกว่าระบบ SCADA หรือ “Supervisory control and data acquisition” หมายถึง ระบบควบคุมและประมวลผลแบบศูนย์รวม เป็นระบบที่ใช้ในการรวบรวมและจัดการข้อมูล แสดงผลของการทำงาน การตรวจวัดรับ-ส่งข้อมูล และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ โดยเฉพาะกับอุปกรณ์ที่อยู่ห่างไกลออกไปจากศูนย์ควบคุมและไม่มีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานที่สถานีนั้นๆ.

ก่อนหน้านี้รูปแบบการควบคุมนั้นมักจำกัดอยู่เพียงระบบควบคุมขนาดใหญ่อย่าง DCS (Distributed control system) ที่เป็นระบบปิด แต่มาในปัจจุบัน การควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตเชิงเปรียบเทียบสถิติมีความจำเป็นอย่างยิ่งในภาวะแข่งขันทางอุตสาหกรรม จึงทำให้รูปแบบของ SCADA ในโรงงานถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายและเป็นไปในลักษณะระบบเปิด นั่นคือ SCADA โดยทั่วไปสามารถเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ควบคุมในโรงงานได้หลากหลายแทบทุกชนิดทุกรุ่นและทุกยี่ห้อ ไม่ว่าจะเป็นตัวควบคุมกระบวนการอย่าง PID loop controller อุปกรณ์ควบคุมซีเควนต์อย่าง PLC (Programmable logic controller) และอุปกรณ์วัดค่าระยะไกลอย่าง RTU (Remote terminal unit) เพื่อนำข้อมูลในอุปกรณ์ควบคุมเหล่านี้มาแสดงผลบนหน้าจอ ในลักษณะของภาพกราฟิกและเฝ้าติดตามบันทึกข้อมูลในกระบวนการผลิตเพื่อนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติ รวมถึงการเฝ้า

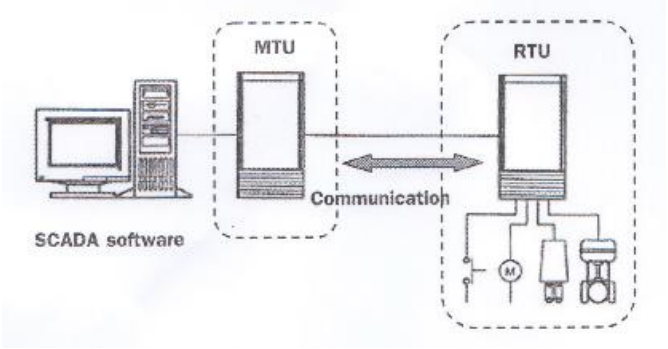
ระวังความผิดปกติของอุปกรณ์ในระบบการผลิตก่อนที่จะชำรุดและกระบวนการผลิตต้องเสียหายไปด้วย.

เนื่องจากระบบ SCADA เป็นระบบควบคุมและแสดงผลข้อมูลระยะไกล ซึ่งอาศัยโครงข่ายการสื่อสารและอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ในการติดต่อระหว่างศูนย์ควบคุม (สถานีหลัก) และสถานีสนามที่ทำการตรวจข้อมูลที่ต้องการ ดังนั้น ระบบโครงจ่ายการสื่อสารจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบเป็นอย่างยิ่ง และจะต้องมีความเชื่อถือได้สูงมาก เพื่อให้ศูนย์ควบคุมสามารถติดตามสถานะต่างๆ ที่เกิดขึ้น และควบคุมอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีสนามได้ตลอดเวลาอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง.

ระบบ SCADA จะทำหน้าที่เป็นหลายระดับ โดยศูนย์ควบคุม (สถานีหลัก) จะทำหน้าที่ในการส่งคำสั่งในการควบคุมไปที่หน่วยควบคุมระยะไกล (Remote terminal unit: RTU) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่สถานีสนามของระบบ เพื่อให้ RTU ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และประมวลผลข้อมูลที่สถานีสนาม ก่อนที่จะส่งรายงานไปยังศูนย์ควบคุม.

การกำหนดให้สถานีสนาม (RTU) ทำการประมวลผลข้อมูลตามกระบวนการในการควบคุมหรือผลที่ได้จากการตรวจวัดให้เสร็จสิ้น แล้วจึงส่งข้อมูลหรือรายงานการประมวลผลไปยังศูนย์ควบคุม เป็นปัจจัยสำคัญและเป็นข้อได้เปรียบในการออกแบบระบบ SCADA เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลทางไกลโดยใช้สื่อ (Media) ประเภทใดก็ตาม จะมีข้อจำกัดในตัวเองในการรับ-ส่งข้อมูลที่มีปริมาณมากและมีระยะห่างไกล แม้ว่าการคำนวณออกแบบได้ดำเนินการให้มีความมั่นคงสูงอยู่แล้วก็ตาม ดังนั้น การออกแบบเพื่อลดปริมาณข้อมูล โดยให้ RTU ทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์หรือประมวลผลข้อมูลในการตรวจวัดด้วยตัวเอง และศูนย์ควบคุม (สถานีหลัก) ทำหน้าที่เพียงคำสั่งไปที่ RTU ให้ดำเนินการเท่านั้น จะทำให้ระบบ SCADA สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ.

จากหลักการพื้นฐานที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะพบว่า ส่วนประกอบหลักของระบบ SCADA นั้นประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

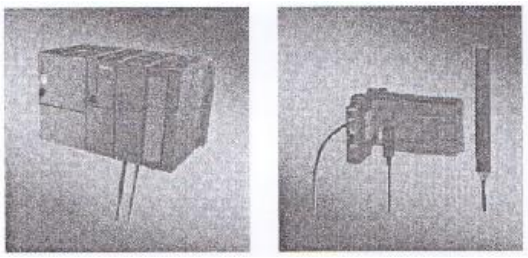


รูปที่ 1.4 ส่วนประกอบหลักของ SCADA.

1.4.1 ส่วนประกอบหลักของ SCADA

(1) หน่วยควบคุมระยะไกล (Remote terminal unit)

เป็นส่วนหนึ่งของระบบ SCADA ที่ถูกติดตั้งอยู่ที่สถานีสนาม หรือสถานีตรวจวัดข้อมูล (Local station) โดย RTU จะถูกต่อกับเครื่องมือวัด ทั้งที่เป็นค่าต่อเนื่อง (Analog) หรือสถานะ (Digital) แล้วนำเอาค่าที่ทำการตรวจวัดได้มาทำการประมวลผลและส่งกลับไปแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมโดยผ่านระบบสื่อสาร นอกจากนั้น RTU ยังจะต้องรับคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์จากศูนย์ควบคุมด้วย.



รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่าง RTU Module.

(2) ระบบสื่อสาร (Communication system)

ทำหน้าที่ในการสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูล หรือคำสั่งระหว่าง RTU กับ RTU หรือ RTU กับศูนย์ควบคุม ซึ่งระบบสื่อสารของระบบ SCADA สามารถที่จะใช้สื่อ (Media) ต่างๆ ในการสื่อสาร เช่น สัญญาณวิทยุ คลื่นสัญญาณไมโครเวฟ สัญญาณดาวเทียม เครือข่ายสายโทรศัพท์ หรือสายสัญญาณ (RS-232, RS-485) เป็นต้น.

(3) สถานีหลักหรือศูนย์ควบคุม (Master station).

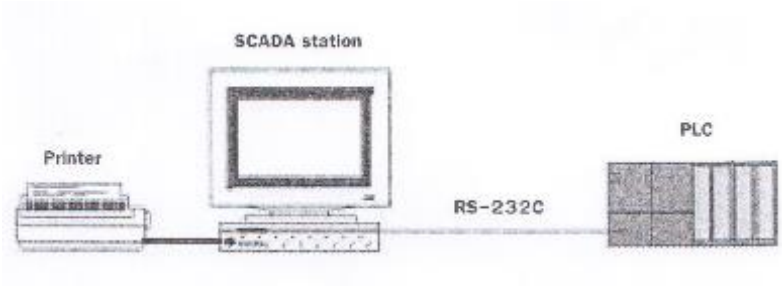
ทำหน้าที่ในการรวบรวมและจัดการข้อมูล รวมไปถึงการควบคุมระบบทั้งหมด เพื่อนำเอาข้อมูลจาก RTU ทุกตัวในระบบมาทำการประมวลผล เพื่อควบคุมกระบวนการหรือแสดงผลข้อมูลของ RTU นอกจากนั้นยังทำหน้าที่จัดการระบบการสื่อสารของระบบ SCADA เพื่อนำเอาข้อมูลจาก RTU มาทำการประมวลผลตามเวลาที่กำหนด (Time mode) โดยจะทำหน้าที่ในการจัดลำดับในการเรียกถามข้อมูลจาก RTU แต่ละตัว (Polling) หรือทำหน้าที่ในการรอรับข้อมูลที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากความผิดปกติบางอย่างที่ RTU ซึ่งเป็นการรายงานทันทีที่เกิดเหตุการณ์ขึ้น (Event mode) โดยไม่ต้องรอให้ Master station เรียกถามข้อมูล.

1.4.2 รูปแบบระบบ SCADA

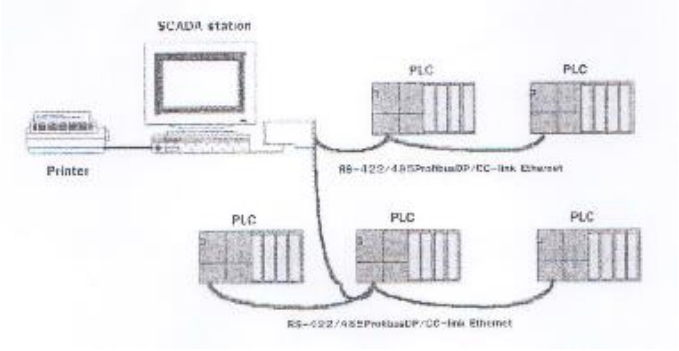
การจัดวางออกแบบระบบ SCADA สามารถกระทำได้หลายลักษณะและมีความยืดหยุ่นตัวสูง เนื่องจากระบบ SCADA สามารถเริ่มต้นได้ตั้งแต่ระบบขนาดเล็ก ซึ่งมีคุณลักษณะเป็นระบบเดี่ยว และสามารถขยายออกไป เพื่อให้ครอบคลุมกับลักษณะงานซับซ้อนที่เชื่อมโยงเป็นเครือข่ายและมีขนาดจำนวนอินพุต/เอาต์พุตมากนับเป็นพันเป็นหมื่นจุดได้ ซึ่งรูปแบบของระบบ SCADA โดยทั่วไปประกอบไปด้วย

(1) แบบเดี่ยว

เป็นรูปแบบระบบพื้นฐานของระบบ SCADA เนื่องจากต้องมีส่วนประกอบ 3 ส่วนนี้เป็นอย่างน้อย คือ อุปกรณ์ควบคุม อย่างเช่น PLC ชุดคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องพิมพ์ และซอฟต์แวร์ SCADA โดยปกติ การเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลมักกระทำผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232C/ RS-422/RS-485 หรือบัสพิเศษ เช่น Profibus/DP และ Ethernet TCP/IP ขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์และโปรโตคอลที่อุปกรณ์ควบคุมนั้นสามารถเชื่อมโยง โดยรูปแบบนี้อาจสังเกตได้ว่า ในระบบ SCADA จะมี SCADA station เพียงตัวเดียว.



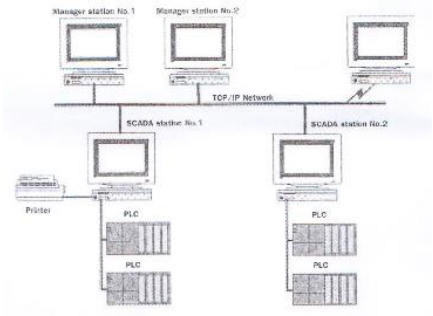
รูปที่ 1.6 รูปแบบระบบ SCADA ในลักษณะระบบเดี่ยว.



รูปที่ 1.7 ระบบ SCADA ในลักษณะระบบเดี่ยวที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เป็นเครือข่าย.

(2) แบบกระจาย

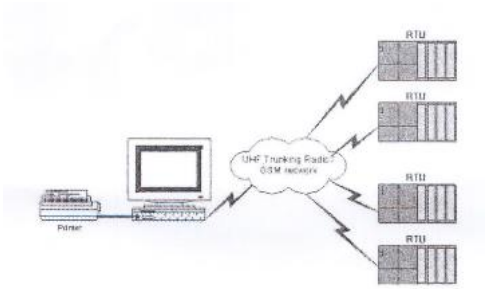
มักมีรูปแบบการนำเอาข้อมูลของระบบ SCADA แบบเดี่ยวมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน เพื่อประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสายผลิต หรือในกรณีสายผลิตที่มีจุดควบคุมย่อย ซึ่งมักเชื่อมโยงกันผ่านเครื่อข่ายคอมพิวเตอร์หรือ LAN นั่นเอง ผ่านสายสัญญาณอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มจุดต่อเครือข่ายไปยังผู้จัดการและผู้บริหารได้เช่นกัน การควบคุมลักษณะนี้จะมี SCADA Station มากกว่า 1 ตัว.



รูปที่ 1.8 รูปแบบระบบ SCADA ในลักษณะระบบกระจาย.

(3) แบบสื่อสารระยะไกล

เป็นรูปแบบ SCADA กับงานควบคุมเชิงภาคสนามที่มีระยะควบคุมไกลมาก ซึ่งมักเลือกใช้อุปกรณ์แบบ RTU และมีเครื่อข่ายคลื่นวิทยุความถี่สูงอย่าง UHF ในลักษณะTrucking radio มีโปรโตคอลสื่อสารข้อมูลในแบบ HDLC (High data level Control) ควบคุมไว้ ในปัจจุบันเริ่มมีแนวโน้มใช้เป็นเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สายผ่าน GSM โมเด็มเป็นตัวกลางเชื่อมข้อมูลระหว่าง RTU กับ SCADA เนื่องจากต้นทุนที่ต่ำกว่าและไม่ซับซ้อนกับผู้ดูแลระบบแบบสื่อสารระยะไกล เป็นรูปแบบที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้.



รูปที่ 1.9 รูปแบบระบบ SC.

2. การหาค่า TOC จากคุณสมบัติการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ของน้ำเสีย

2.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียกับรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดต่างๆ
- เพื่อศึกษาหาแนวทางการประยุกต์ใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการตรวจติดตามค่าปริมาณคาร์บอนรวมในน้ำเสียทั้งแบบปกติและแบบออนไลน์

2.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

2.2.1 สารเคมี

- Potassium hydrogen phthalate
- Hydrazine Sulfate
- Hexamethylene Tetramine
- Sodium chloride
- น้ำกลั่น

2.2.2 วัสดุ อุปกรณ์

- หลอดผลิตรังสี UV และอุปกรณ์ติดตั้ง
- อุปกรณ์ตรวจวัดรังสี UV
- เครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง
- Desiccator
- Flask และเครื่องแก้วต่างๆ

2.3 วิธีการทดลอง

ในการศึกษาทดลองจะแบ่งออกเป็นการศึกษาย่อยหลายส่วนด้วยกัน ซึ่งจะได้แก่ ทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีการดูดกลืนที่ดีกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ การทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสี UVC การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ การทดสอบเกี่ยวกับปริมาณ TDS ที่มี

ผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ทดสอบรังสีที่มีการดูดกลืน กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ และการทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐาน.

2.3.1 ตอนที่ 1 ทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีการดูดกลืนที่ดีกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

1).ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม

2). เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น

3). เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลาย ปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1000 mg C/L

4). สารละลายที่ได้จะถูกทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 1, 3, 5, 10, 15, 30, 50, 70, 90, 100 mg C/L ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5). จากนั้น นำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้รังสี UVA, UVB และ UVC โดยเริ่มวัดน้ำกลั่นแล้ววัดสารที่ความเข้มข้นต่ำก่อนตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า รังสีอัลตราไวโอเลตชนิด UVC ตอบสนองต่อความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียได้ดีที่สุด จึงคัดเลือกมาทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2.3.2 ตอนที่ 2 การทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม

2) เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น

3) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1000 mg C/L

4) สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วยน้ำกลั่นเพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50 และ 100 mg C/L โดยแต่ละความเข้มข้นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5) จากนั้น วัดค่า I_0 ของน้ำกลั่นทุกครั้ง และนำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้รังสี UVC ที่มีผลการดูดกลืนได้ดีที่สุดในตอนที่

1 มาวัดอีกครั้ง จากการศึกษาพบว่าช่วง 1 -10 mg C/L มีการตอบสนองต่อการดูดกลืนรังสีดีที่สุด ดังนั้น ในขั้นตอนต่อไปจะศึกษาเฉพาะที่ช่วงความเข้มข้นเหล่านี้เท่านั้น

2.3.3 ตอนที่ 3 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อการ ดูดกลืนรังสี UVC

1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม
2) เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตรและละลายในน้ำกลั่น
3) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตรและเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1000 mg C/L
4).สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วยน้ำกลั่นเพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ10 mg C/L โดยแต่ละความเข้มข้นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
5) จากนั้นนำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดความขุ่นแล้วบันทึกผลการทดลองไว้

2.3.4 ตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม
2) เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น
3) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลาย ปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L
4) สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วย น้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 5 mg C/L ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จำนวน 8 ซ้ำ
5) จากนั้น นำสารที่เตรียมไว้มาต้มให้ได้อุณหภูมิ 30- 50 องศาเซลเซียส และนำสารที่ได้ ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ต้องการไปวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์

2.3.5 ตอนที่ 5 การทดสอบเกี่ยวกับปริมาณ TDS ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม
2) เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น
3) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L
4) สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วย น้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 5 mg C/L จำนวนปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้น เติม NaCl 200, 500, 1,000, 2,000 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 4 ซ้ำ

2.3.6 ตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม
2) เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น
3) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L
4) สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วย น้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 0.3, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 80 และ 90 mg C/L ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ซ้ำ
5) จากนั้นนำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้รังสี UVC โดยเริ่มวัดน้ำกลั่นแล้ววัดสารที่ความเข้มข้นต่ำก่อน ตามลำดับ

2.3.7 ตอนที่ 7 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีผลต่อการดูดกลืนของรังสี UVC

1. เตรียมสารละลายความขุ่นมาตรฐาน 4000 NTU

1.1 ละลาย Hydrazine Sulfate ($N_2H_4H_2SO_4$) 2.500 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

1.2 ละลาย Hexamethylene Tetramine 25.0 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.3 นำสารละลายข้อ 1.1 และ 1.2 มาผสมกันแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มิลลิลิตร นำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สามารถเก็บได้ 6-12 เดือน)

2. สารละลายสต็อกความขุ่นมาตรฐานอื่นๆ

สามารถเตรียมสารละลายมาตรฐานต่างๆ ได้โดยนำสารละลายความขุ่น 4000 NTU มาเจือจาง ดังนี้ :

ตารางที่ 1. การเตรียมสารละลายความขุ่น

ความขุ่น (NTU)	ปริมาตรมิลลิลิตรของสารละลายสต็อกที่เจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร
1000	25
500	12.5
100	2.5
50	1.25
ความขุ่น (NTU)	**ปริมาตรมิลลิลิตรของสารละลายสต็อกที่เจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร**
10	2.5
5	1.25
1	0.25

3. เตรียมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ที่ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

3.1 ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 – 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Dasiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย

3.2 เติมลงในฟลาสก์ ปริมาตร 1 ลิตร

3.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเติมน้ำเติมน้ำจนถึงขีด 1 ลิตร แล้วเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L

3.4 สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วยน้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 20 mg C/L

3.5 เตรียมสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 NTU

2.3.8 ตอนที่ 8 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีผลต่อการดูดกลืนของรังสี UVC

1. เตรียมสารละลายความขุ่นมาตรฐาน 4000 NTU

1.1 ละลาย Hydrazine Sulfate ($N_2H_4H_2SO_4$) 2.500 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

1.2 ละลาย Hexamethylene Tetramine 25.0 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.3 นำสารละลายข้อ 1.1 และ 1.2 มาผสมกันแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มิลลิลิตร นำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สามารถเก็บได้ 6-12 เดือน)

2. สารละลายสต๊อกความขุ่นมาตรฐานอื่นๆ

สามารถเตรียมสารละลายมาตรฐานต่างๆได้โดยนำสารละลายความขุ่น 4000 NTU มาเจือจาง ดังนี้.

ตารางที่ 2. การเตรียมสารละลายความขุ่น

ความขุ่น (NTU)	ปริมาตรมิลลิลิตรของสารละลายสต็อกที่เจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร
1,000	25
500	12.5
100	2.5
50	1.25
ความขุ่น (NTU)	**ปริมาตรมิลลิลิตรของสารละลายสต็อกที่เจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร**
10	2.5
5	1.25
1	0.25

3. เตรียมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ที่ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3.1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105–120 องศา-เซลเซียสเป็น เวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Dasiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย

3.2) เติมลงในฟลาสก์ ปริมาตร 1 ลิตร

3.3) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเติมน้ำจนถึงขีด 1 ลิตร แล้วเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L

3.4) สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วยสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40 และ 50 NTU ตามลำดับ เพื่อเตรียมเป็นสารละลายที่ความเข้มข้น 0, 1, 5, 10, 15, 20 mg C/L

2.3.9 ตอนที่ 9 ทดสอบรังสีที่มีการ absorb กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเปรียบเทียบกับเครื่องของ SHIMADSU บางเขน

1).ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม

2). เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น

3). เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตรและเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L

4). สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วย น้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 0.3, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 80, และ 90 mg C/L ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ซ้ำ

5).จากนั้น นำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้รังสี UVC โดยเริ่มวัดน้ำกลั่นแล้ววัดสารที่ความเข้มข้นต่ำก่อน ตามลำดับ

2.3.10 ตอนที่ 10 ทดสอบรังสีที่มีการ absorb กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเปรียบเทียบกับเครื่องของ SHIMADSU บริษัทเส้นหมี่ชอเฮง

1).ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม

2). เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น

3). เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L

4). สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วย น้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,16, 17,18,19, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 mg C/L. ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5). จากนั้น นำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้รังสี UVC และวัดด้วยเครื่อง SHIMADSU ที่บริษัทเส้นหมี่ซอเฮงโดยใช้ตัวอย่างที่ใช้วัดเป็นตัวอย่างเดียวกัน โดยเริ่มวัดน้ำกลั่นแล้ววัดสารที่ความเข้มข้นจากต่ำก่อน ตามลำดับ

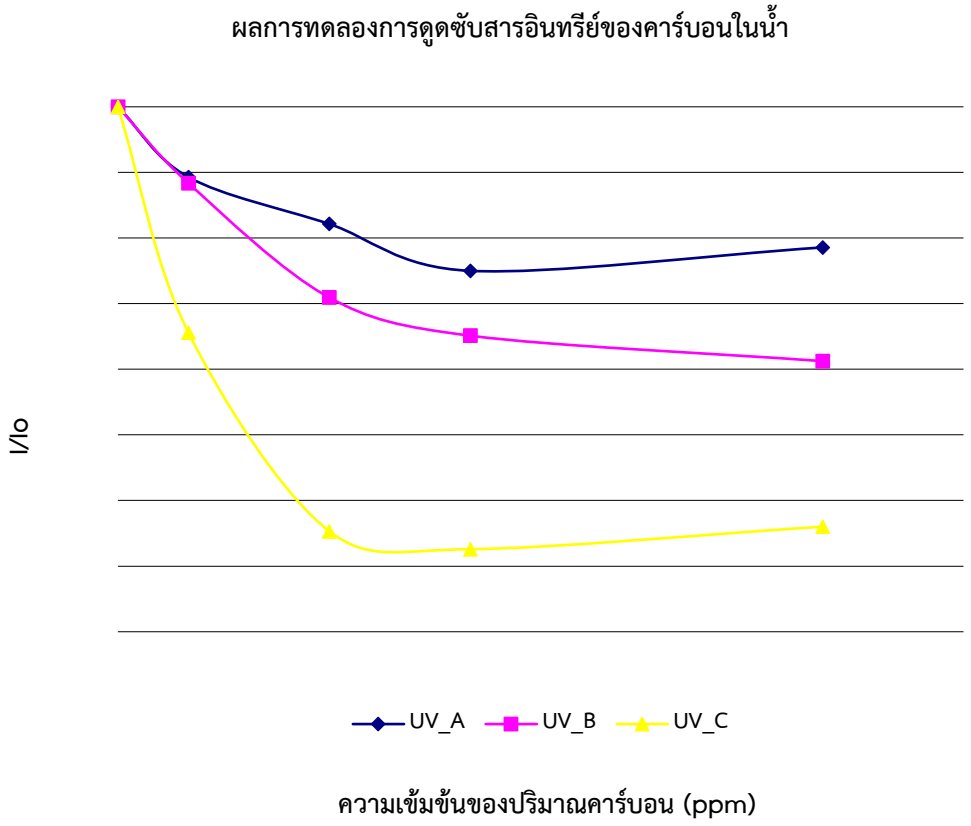
2.3.11 ตอนที่ 11 ทดสอบรังสีที่มีการดูดกลืนกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยเครื่อง

1) ชั่ง Potassium hydrogen phthalate ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกทำให้เย็นใน Desiccator มาปริมาณ 2.125 กรัม
2) เติมลงใน Flask ปริมาตร 1 ลิตร และละลายในน้ำกลั่น
3) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร และเขย่าสารละลายปริมาณคาร์บอนในสารละลายจะเป็น 1,000 mg C/L
4) สารที่ได้จะถูก Diluted ด้วย น้ำกลั่น เพื่อเตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นที่ 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 และ 50 mg C/L ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
5) จากนั้น นำสารที่เตรียมไว้มาทำการวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยใช้รังสี UVC โดยเริ่มวัดน้ำกลั่นแล้ววัดสารที่ความเข้มข้นต่ำก่อน ตามลำดับ

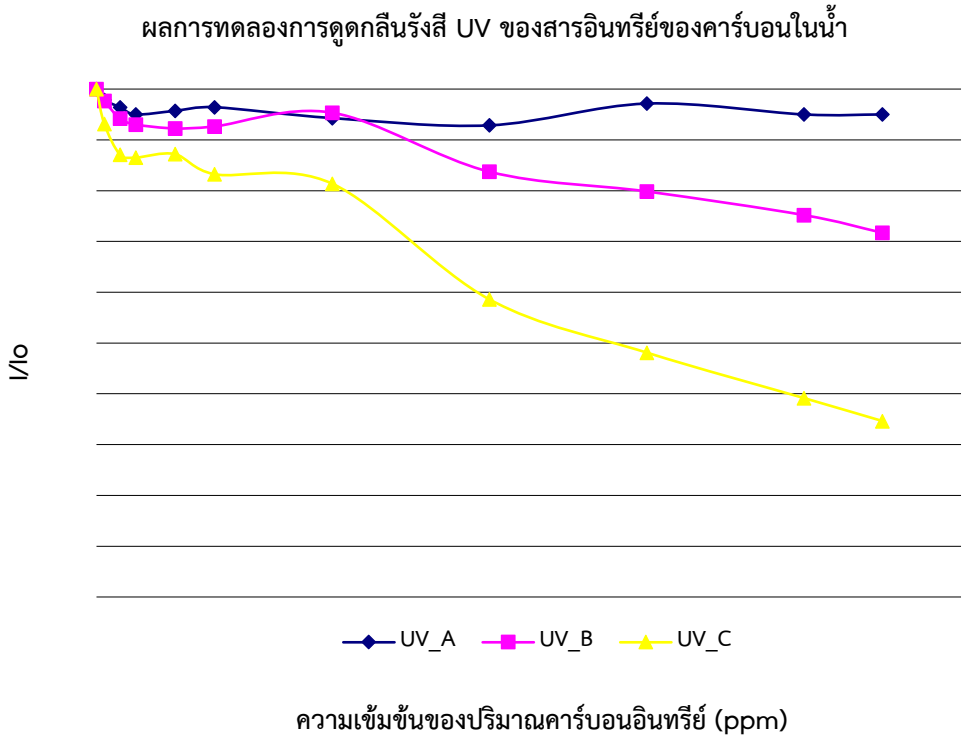
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการทดลอง

3.1.1 ผลการทดลองการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตของคาร์บอนในน้ำ

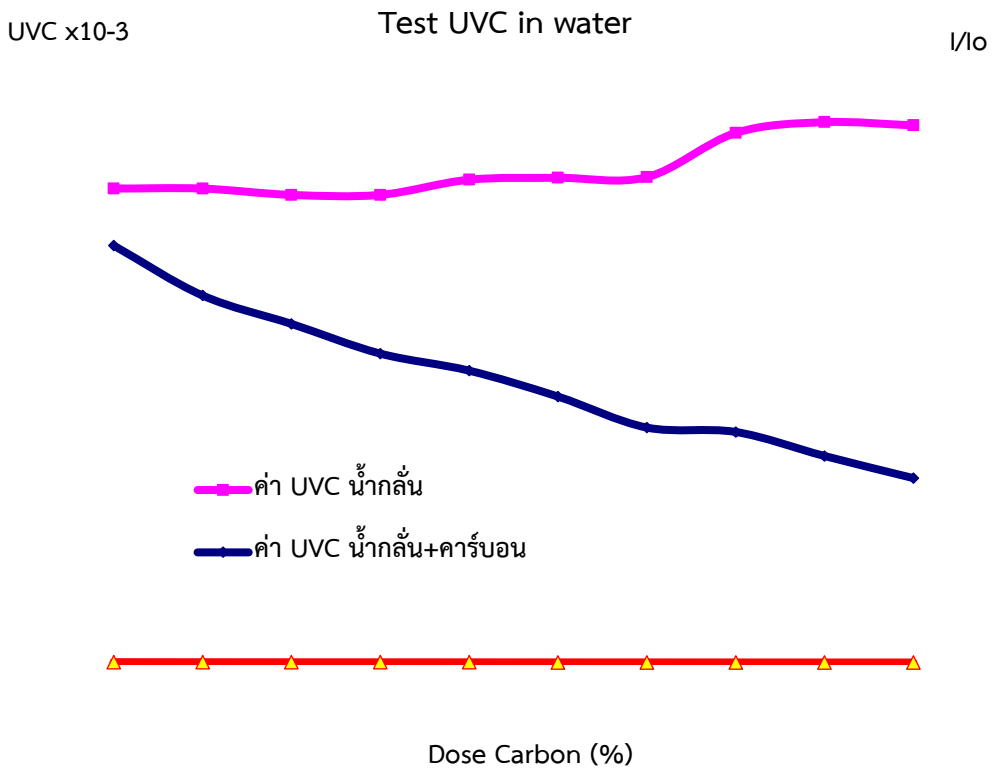


รูปที่ 3.1 ผลการทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีการดูดกลืนที่ดีกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นไม่เกิน 10 ppm ผลจากภาคผนวกตารางที่ 1.



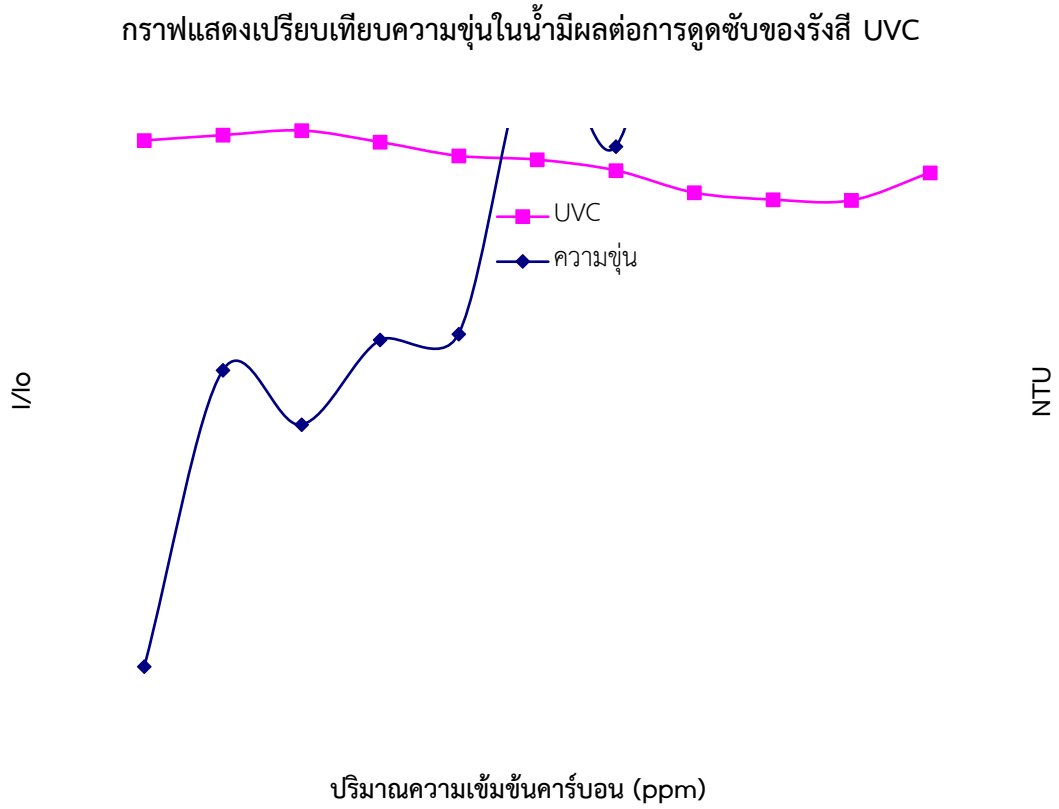
รูปที่ 3.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UV ชนิดต่างๆ จากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไม่เกิน 100 ppm (ผลจากภาคผนวกตารางที่ 2).

3.1.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 3.3 ผลทดสอบการดูดกลืนแสงรังสี UVC ขอคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ ไม่เกิน 10 ppm.

3.1.3 ผลการทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสี UVC

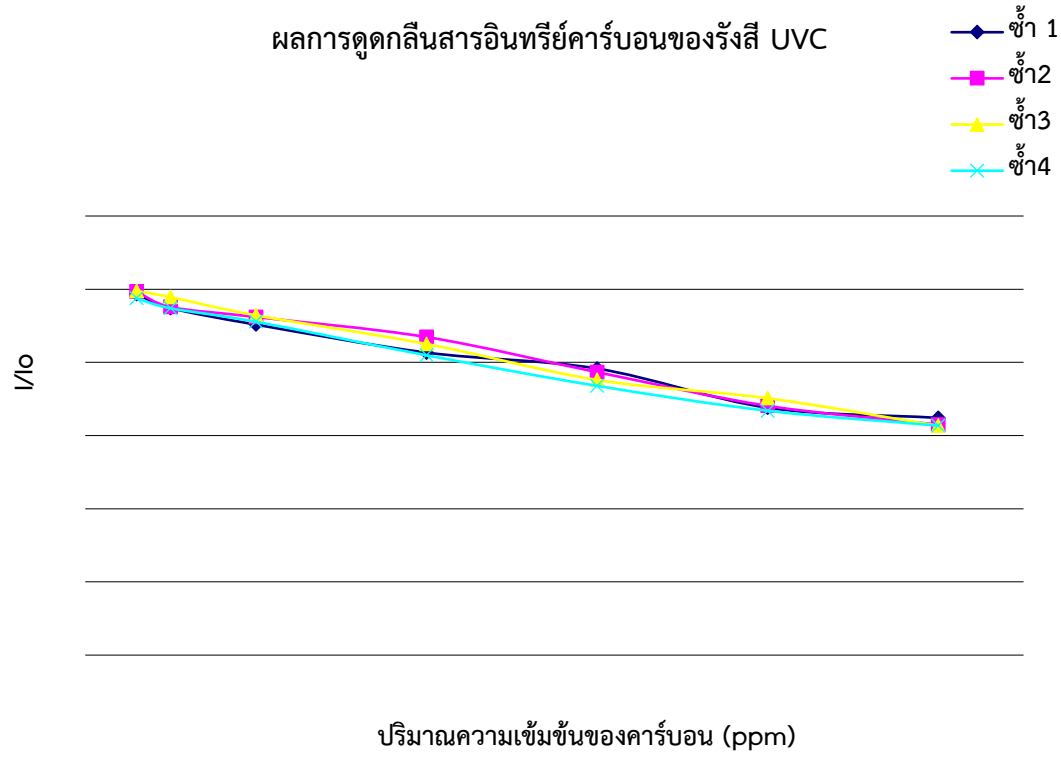


รูปที่ 3.4 ผลของความขุ่นจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสี UVC.

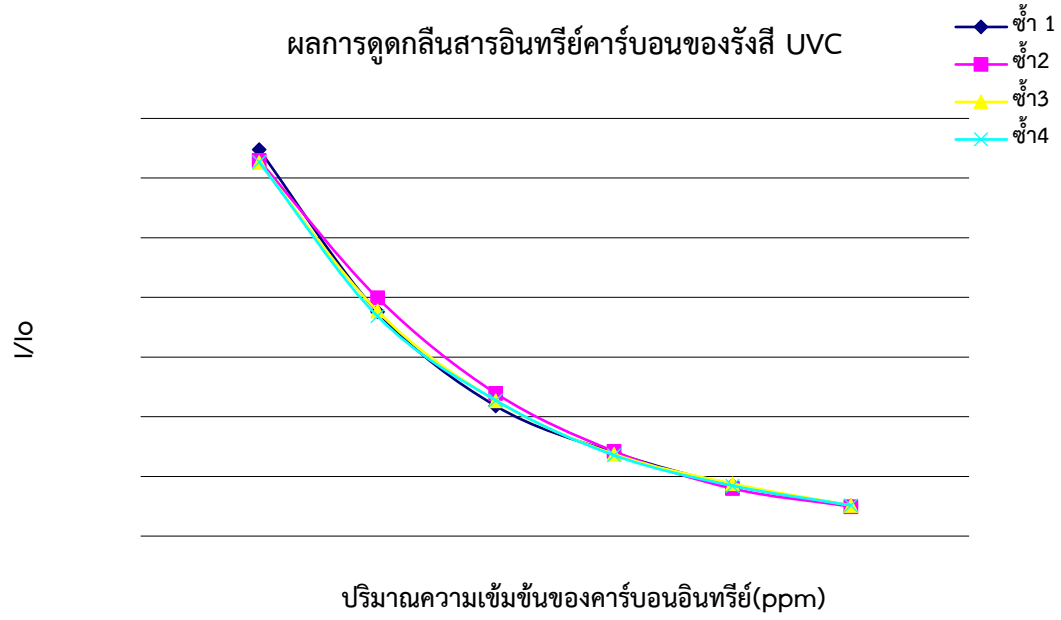
3.1.4 ผลการทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำไม่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ (ดังแสดงในตารางที่ 4 – 11 ในภาคผนวก)

3.1.5 ผลการทดสอบเกี่ยวกับปริมาณ TDS ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ปริมาณ TDS ไม่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ (ดังแสดงในตารางที่ 12 – 16 ในภาคผนวก)

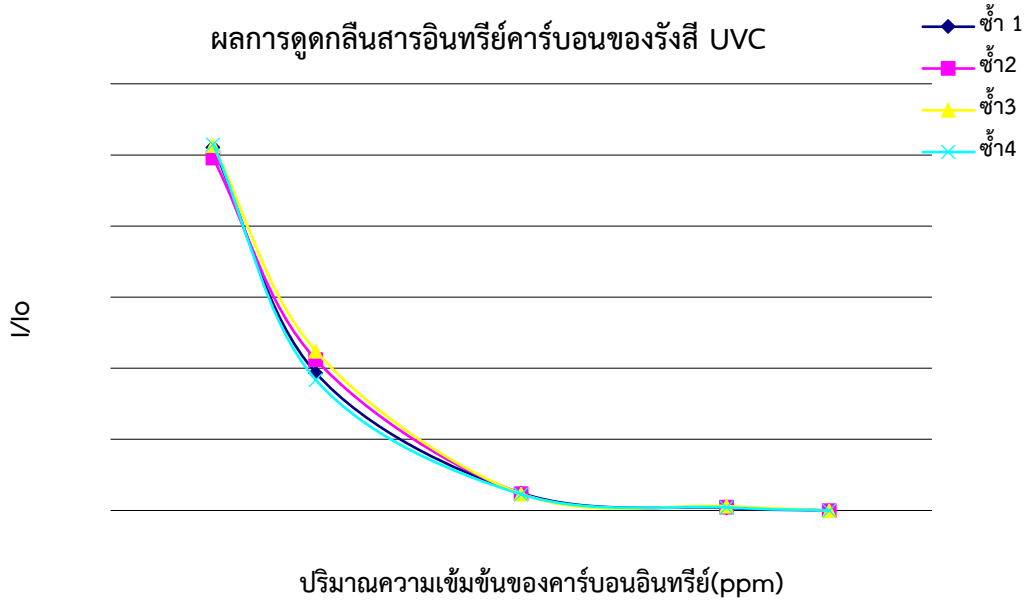
3.1.6 ผลการทดสอบรังสีที่มีการดูดกลืน กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ



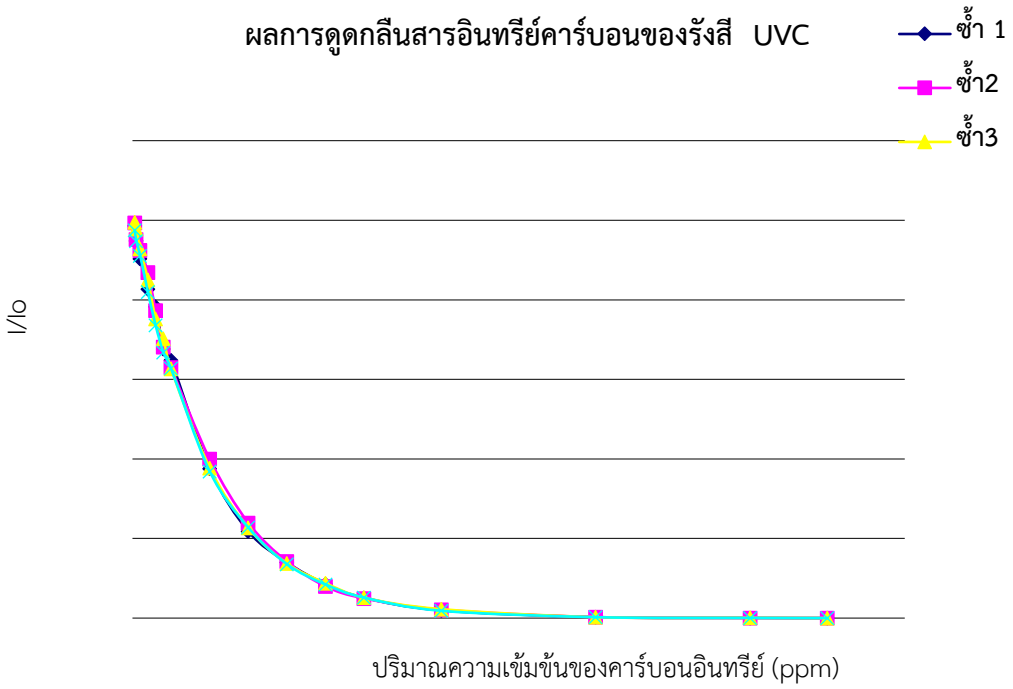
รูปที่ 3.5 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ในน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่า 5 ppm.



รูปที่ 3.6 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นไม่เกิน 30 ppm.

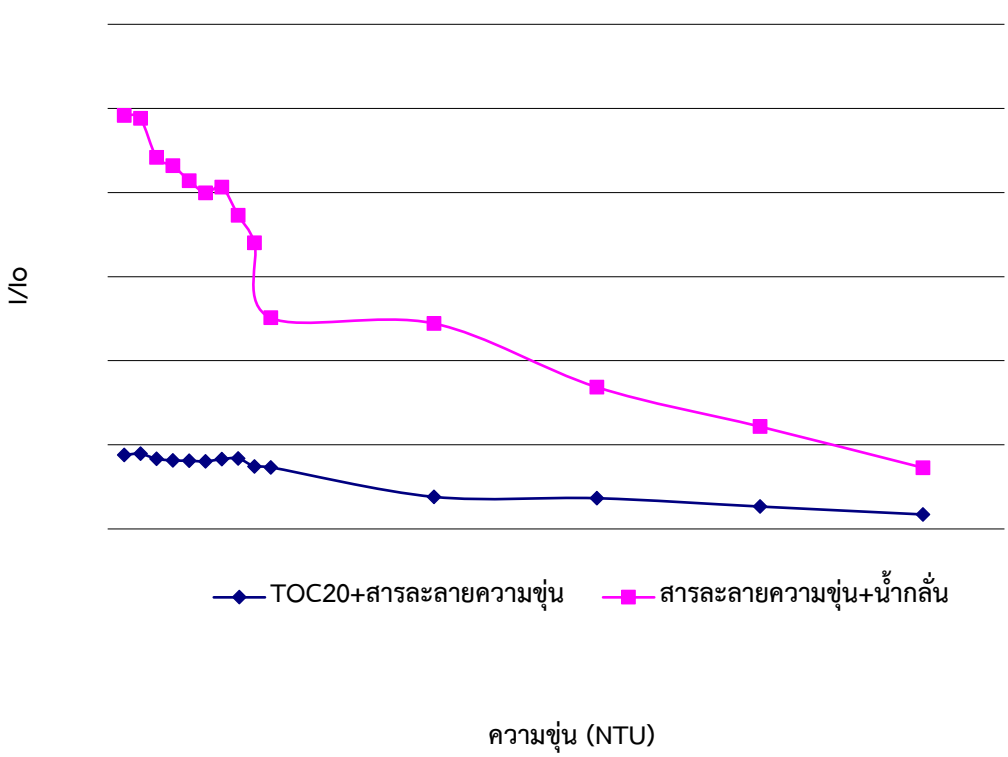


รูปที่ 3.7 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูงในน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นมากกว่า 30 ppm.

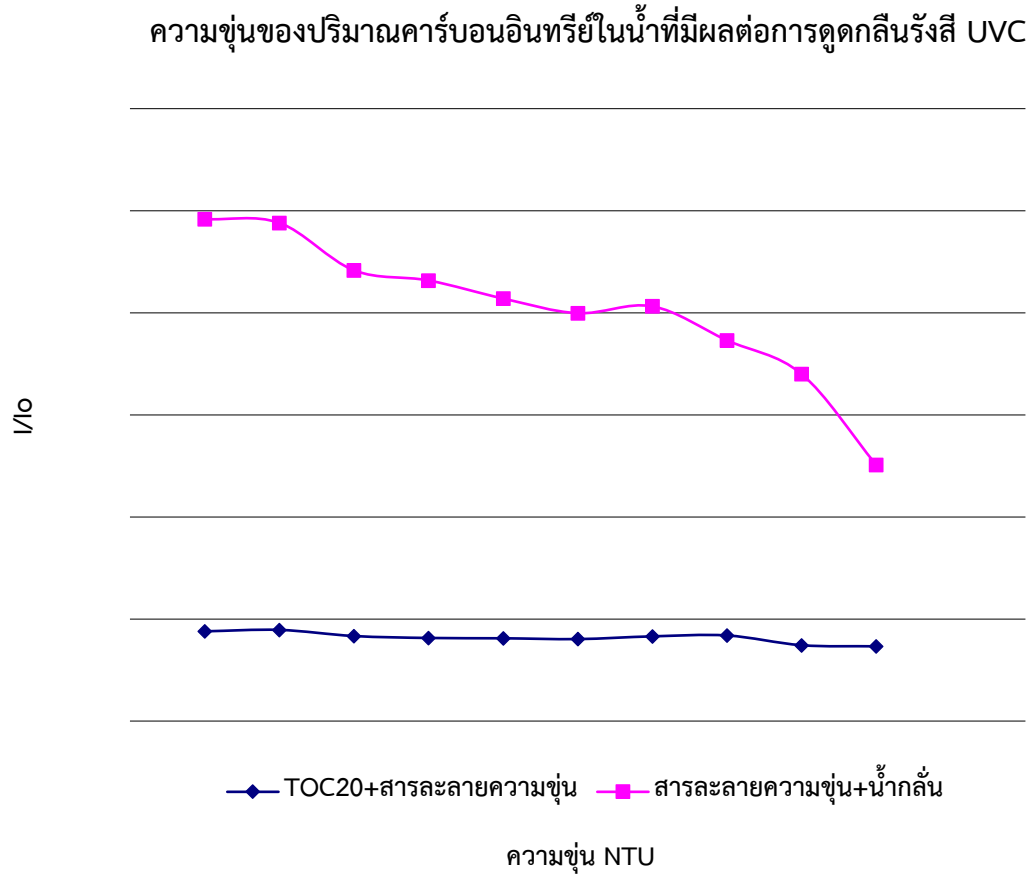


รูปที่ 3.8 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UVC ในน้ำที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ในปริมาณต่างๆ กัน.

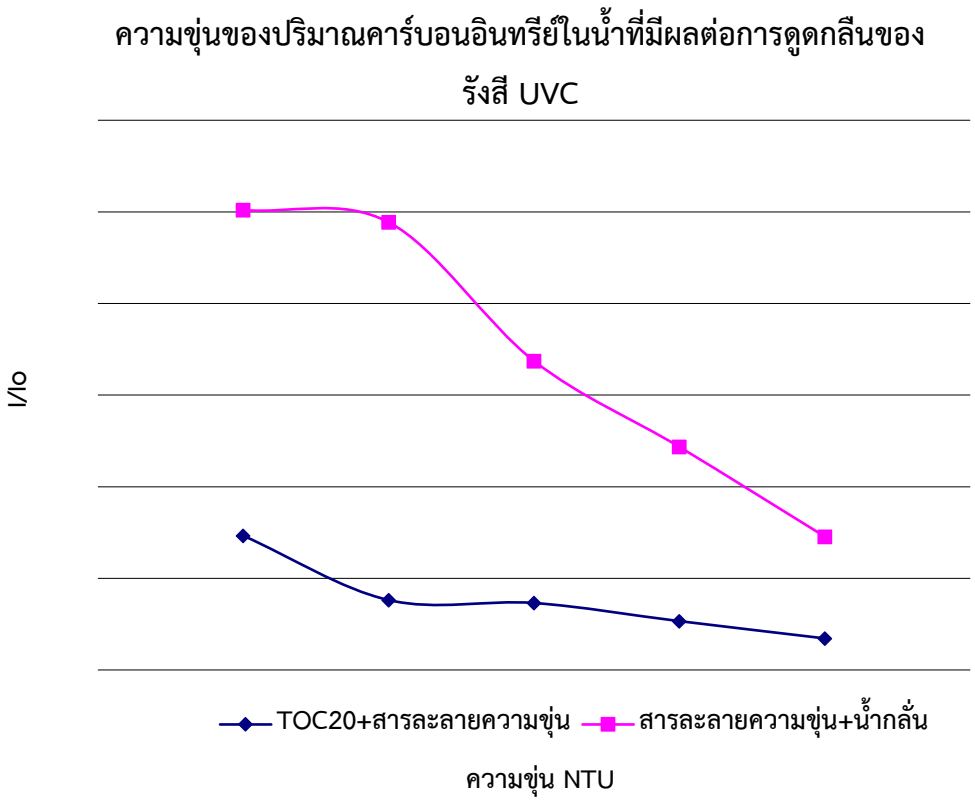
3.1.7 ผลการทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐาน



รูปที่ 3.9 ผลของความขุ่นที่มีผลต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ.

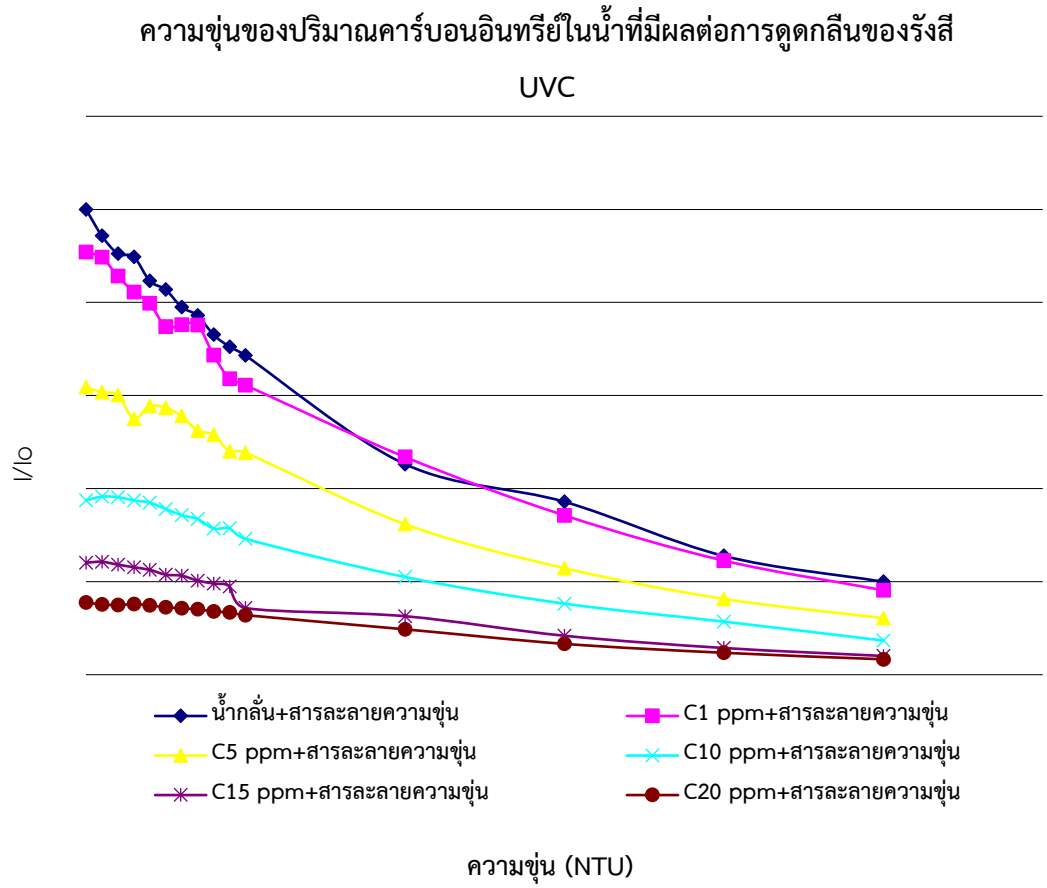


รูปที่ 3.10 ผลของความขุ่นปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 NTU ที่มีผลต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ.

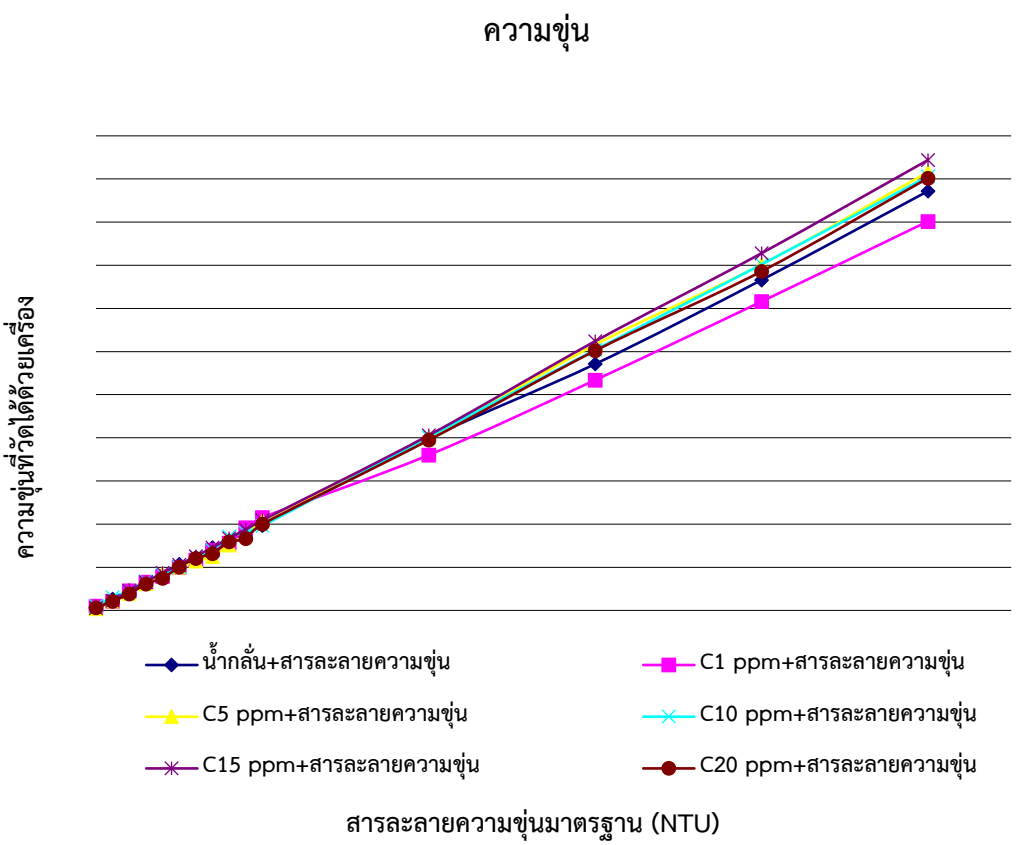


รูปที่ 3.11 ผลของความขุ่นในช่วง 10 ถึง 50 NTU ที่มีต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ.

3.1.8 ตอนที่ 8 ผลการทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ

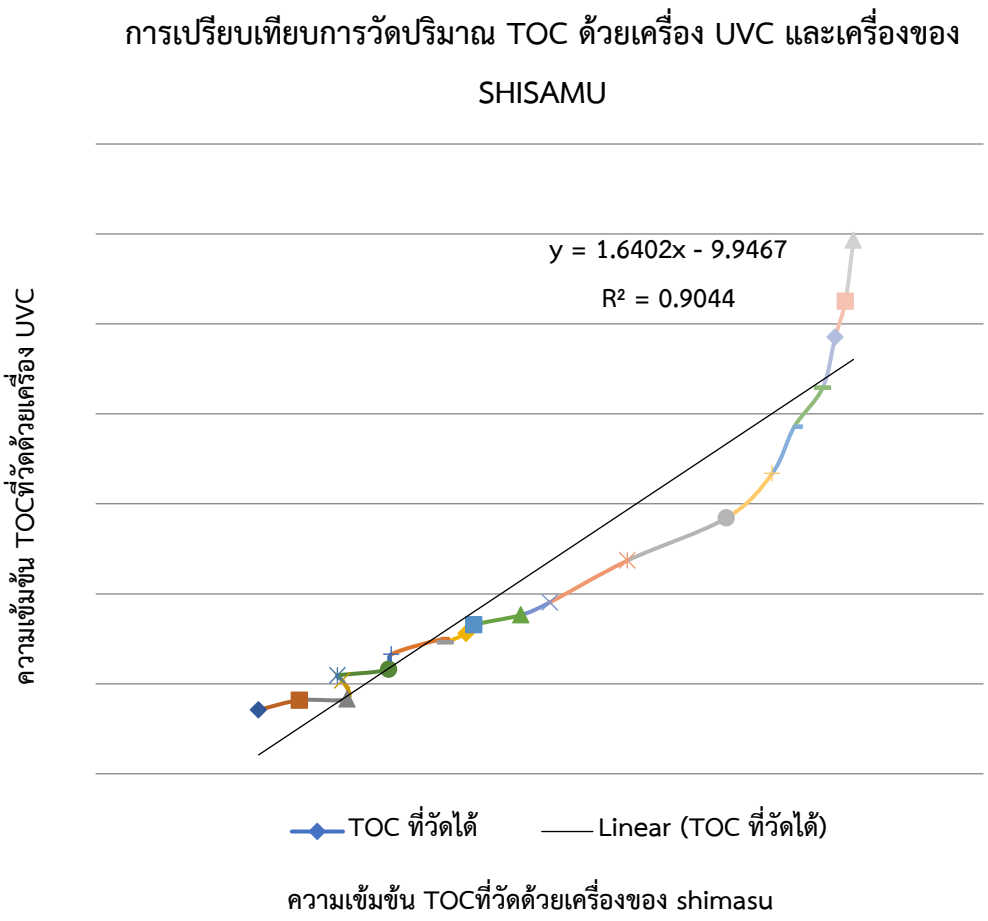


รูปที่ 3.12 ผลของความขุ่นที่มีผลต่อการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ.

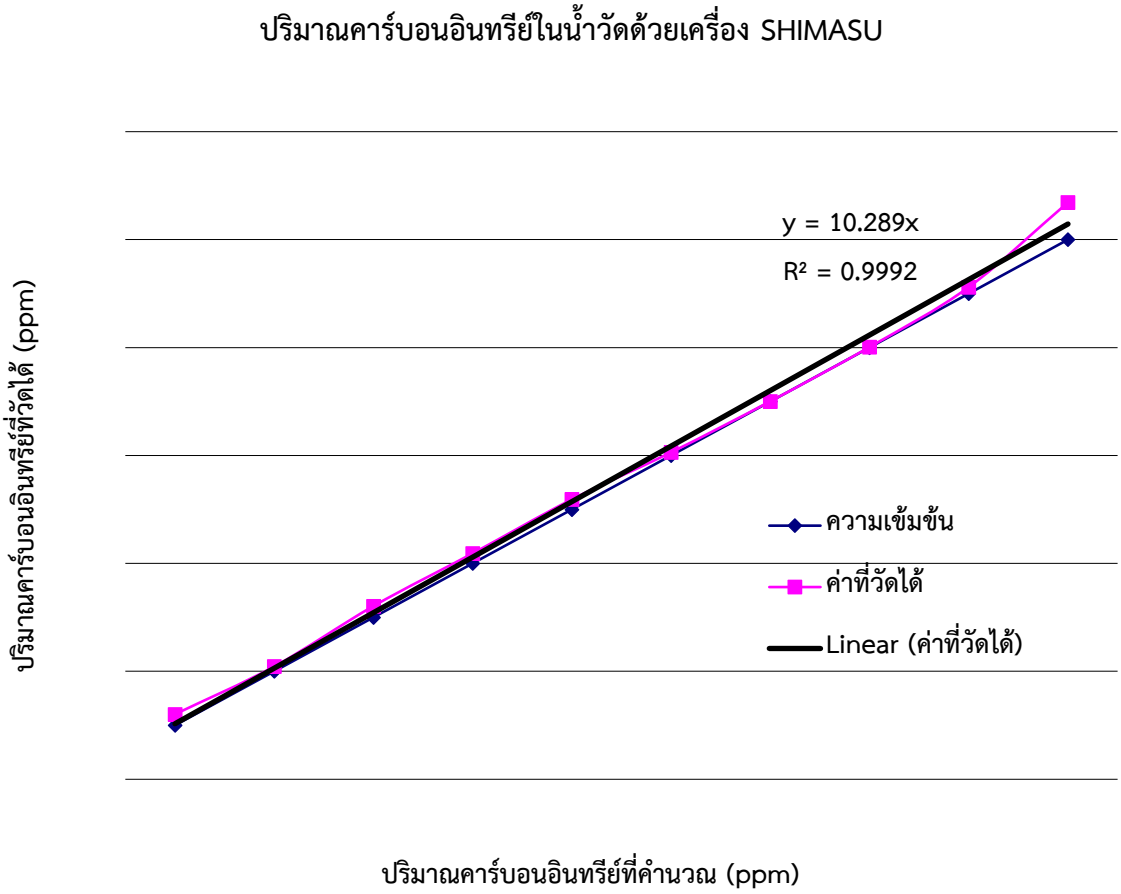


รูปที่ 3.13 ผลของความขุ่นที่วัดได้จากเครื่องวัดความขุ่น (NTU).

3.1.9 ตอนที่ 9 ผลทดสอบรังสีที่มีการ absorb กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเปรียบเทียบกับเครื่องของ SHIMADSU ที่บางเขน

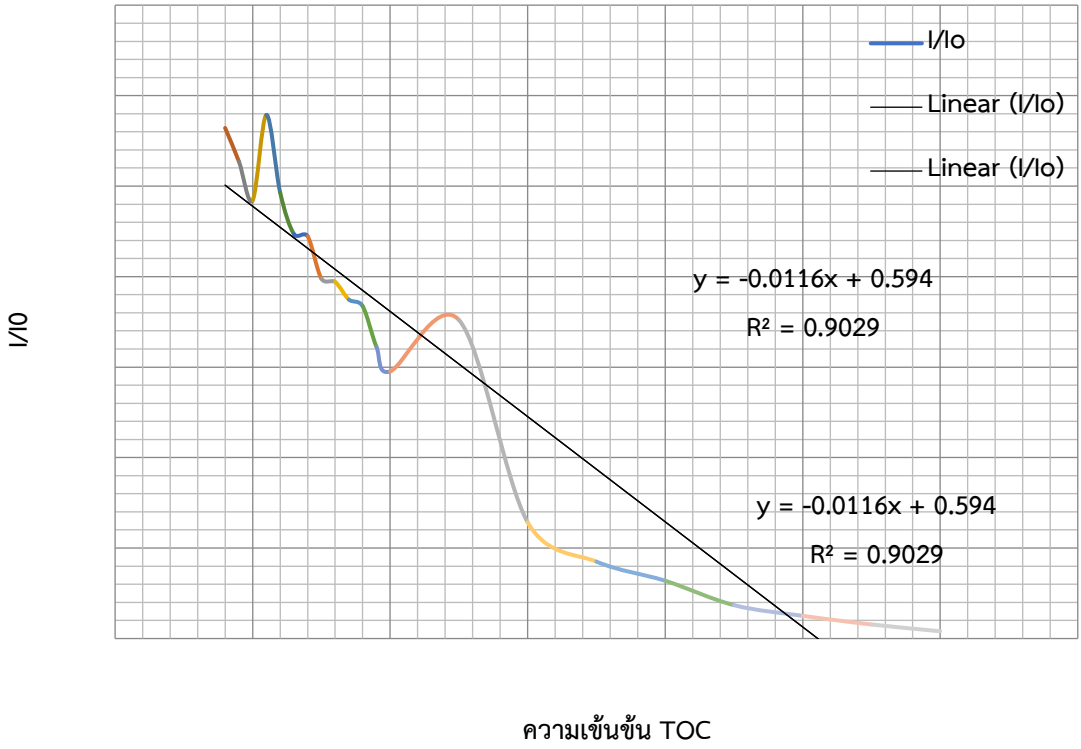


รูปที่ 3.14 ผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ ด้วยชุดอุปกรณ์ที่โครงการพัฒนาขึ้นและเครื่องของ SHIMASU.

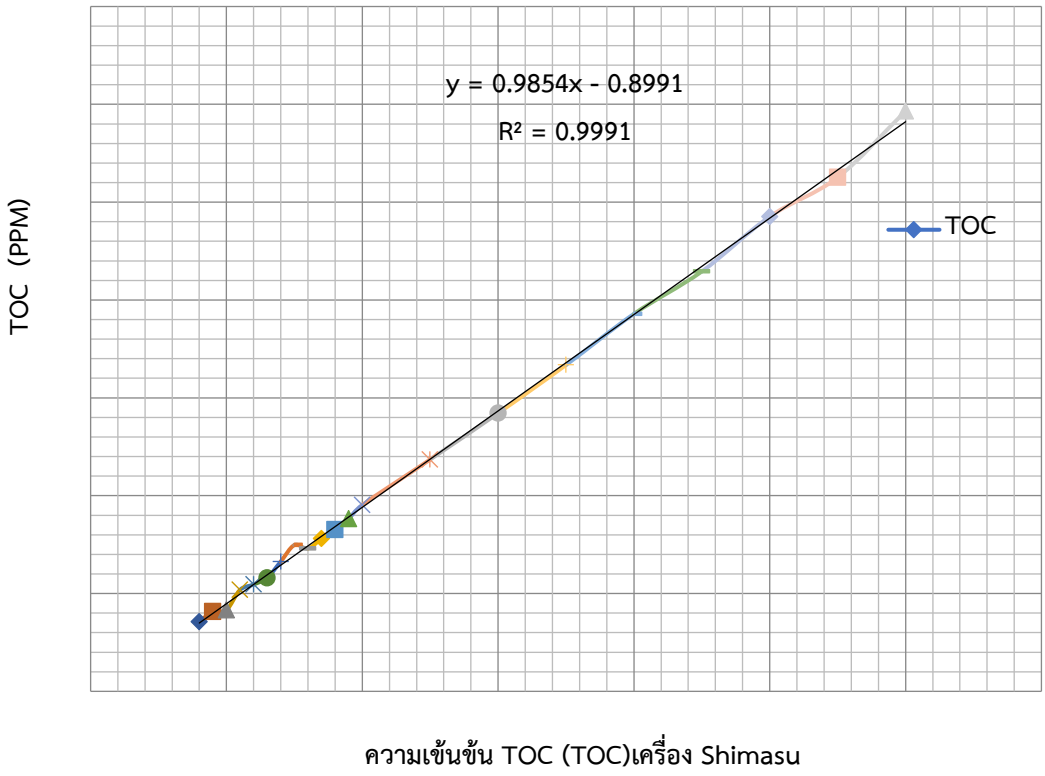


รูปที่ 3.15 ผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยชุดอุปกรณ์เครื่อง SHIMASU.

3.1.10 ตอนที่ 10 ผลทดสอบรังสีที่มีการ absorb กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ เปรียบเทียบเครื่องวัดด้วยรังสี UVC กับเครื่องของ SHIMADSU แบบออนไลน์

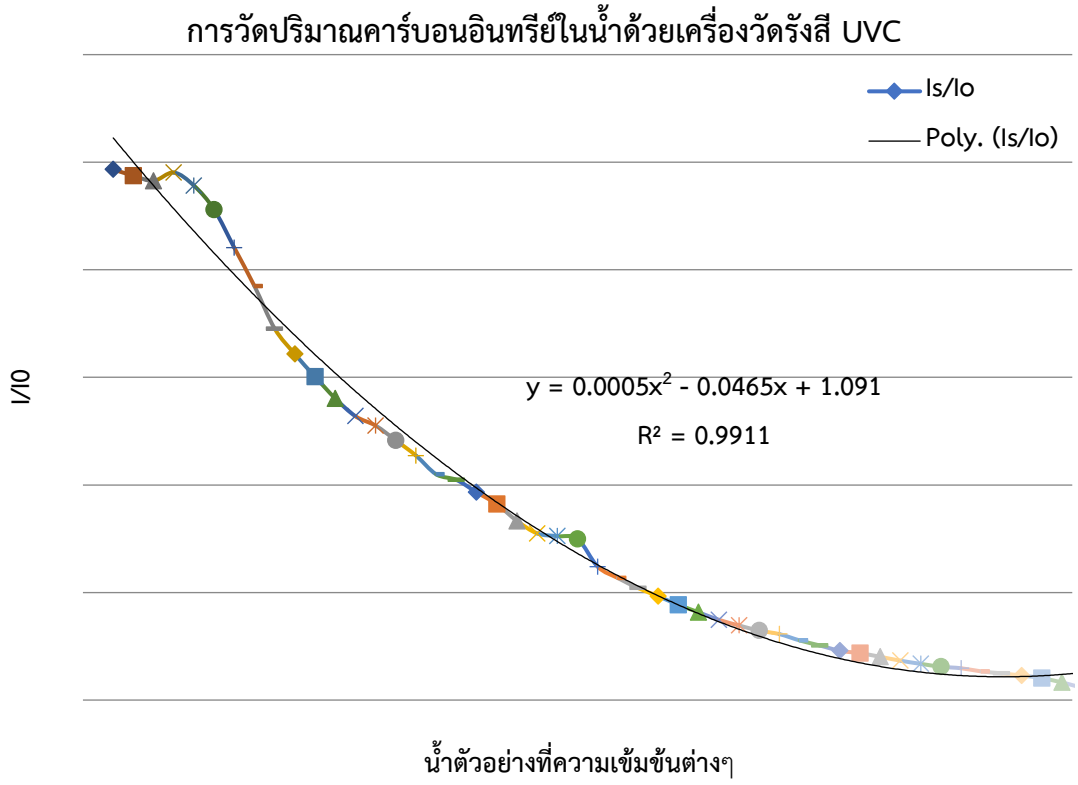


รูปที่ 3.16 ผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยชุดอุปกรณ์ที่โครงการพัฒนาขึ้น.



รูปที่ 3.17 ผลการตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยเครื่อง SHIMASU.

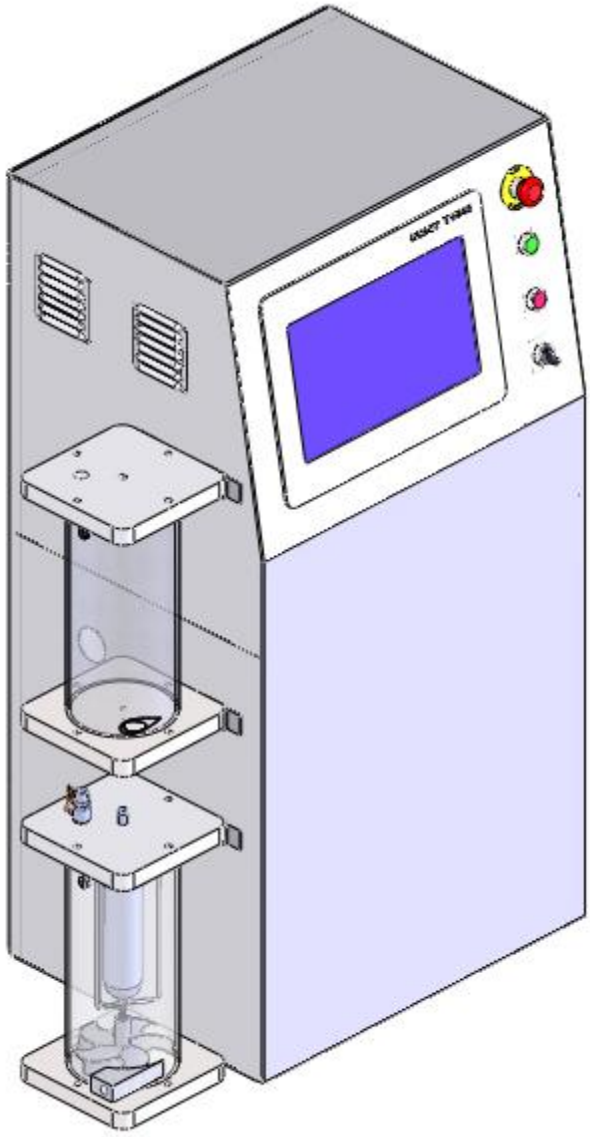
3.1.11 ตอนที่ 11 ผลทดสอบที่มีการดูดกลืนรังสี UVC ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยเครื่องวัดที่ใช้รังสี UVC



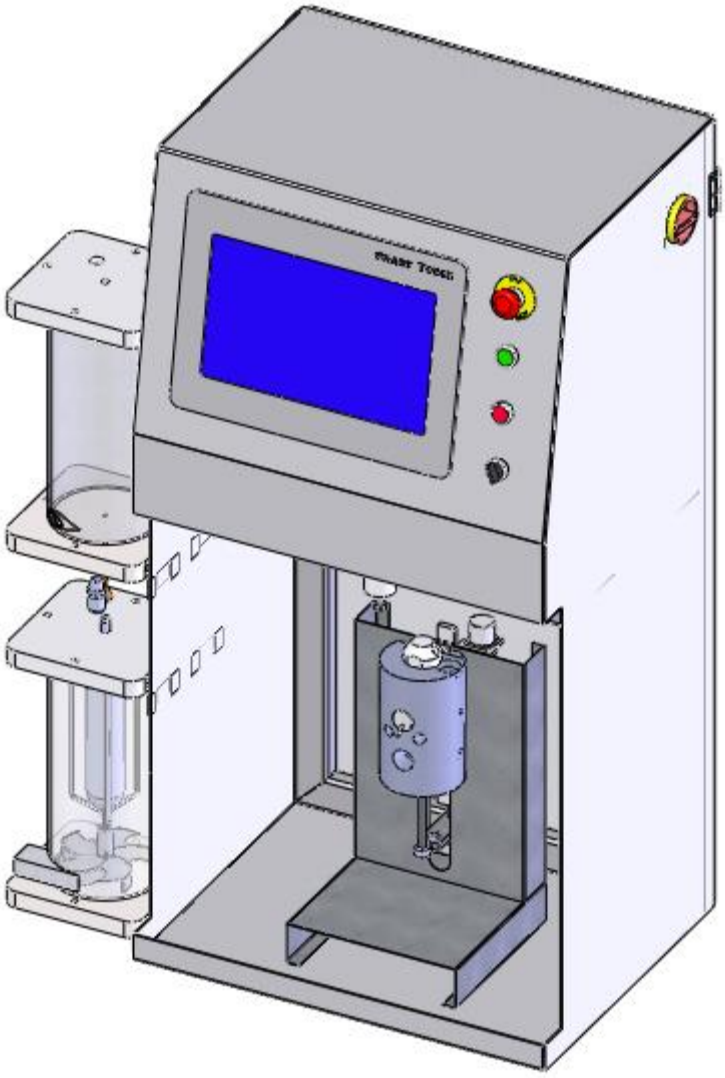
รูปที่ 3.18 ผลการทดสอบการดูดกลืนรังสี UV ของปริมาณคาร์บอนในน้ำที่มีปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนอินทรีย์ ด้วยชุดอุปกรณ์ที่โครงการพัฒนาขึ้นโดยใช้รังสี UVC.

4. การจัดทำเครื่องต้นแบบตรวจติดตามค่าปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียด้วย UV

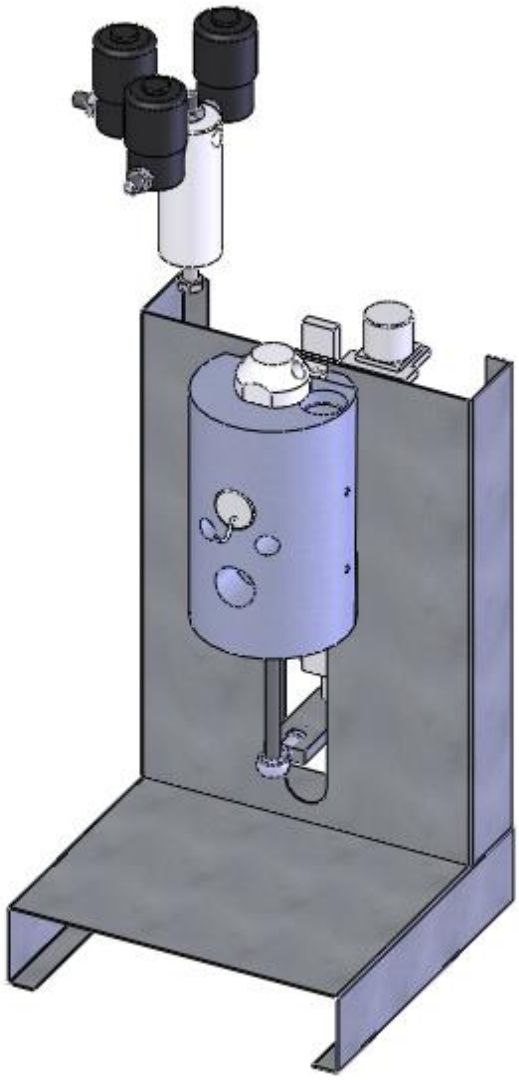
ชุดทดสอบสำหรับการศึกษาหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (TOC: Total Organic Carbon) ได้ถูกนำมาประกอบเข้ากับชุดกรองความขุ่นน้ำเสีย และชุดอุปกรณ์สุ่มตัวอย่างน้ำเสีย พร้อมทั้งระบบแปลงข้อมูลสำหรับการส่งแบบออนไลน์ด้วยคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



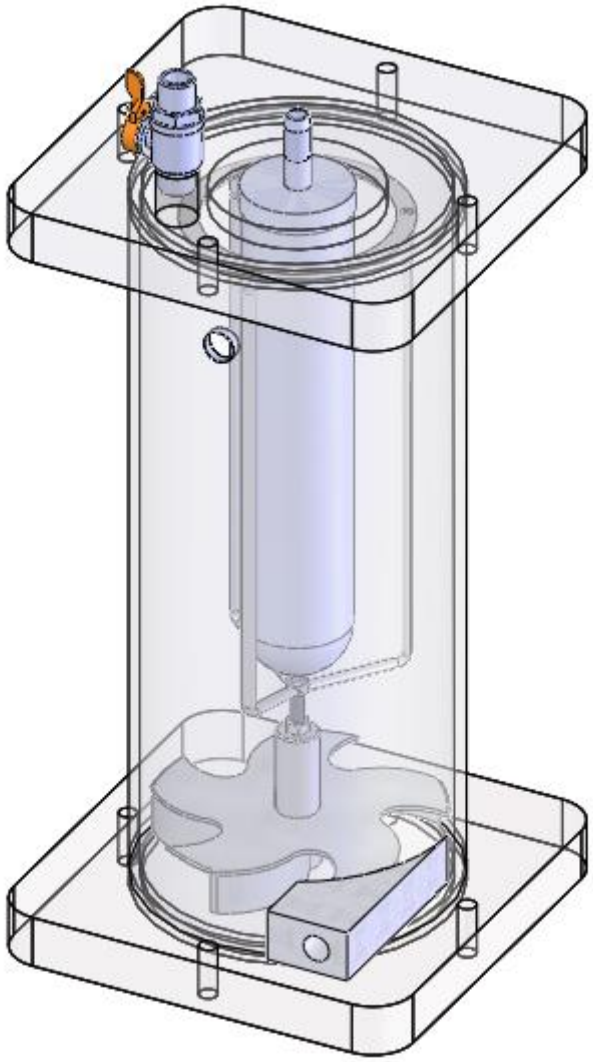
รูปที่ 4.1 เครื่องตรวจติดตามปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียแบบออนไลน์.



รูปที่ 4.2 การติดตั้งชุดอุปกรณ์วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตของเครื่องตรวจติดตามฯ แบบออนไลน์.



รูปที่ 4.3 ชุดอุปกรณ์สำหรับตรวจวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้.



รูปที่ 4.4 ชุดอุปกรณ์กรองความขุ่นน้ำเสียที่สามารถทำความสะอาดได้ด้วยตนเอง.

4.1โครงสร้างเครื่องต้นแบบตรวจติดตามค่าปริมาณคาร์บอนในน้ำเสียด้วยแสง UV

รูปที่ 4.5 เครื่องต้นแบบเครื่อง TOC.

โครงสร้างส่วนประกอบหลักของเครื่อง TOC ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

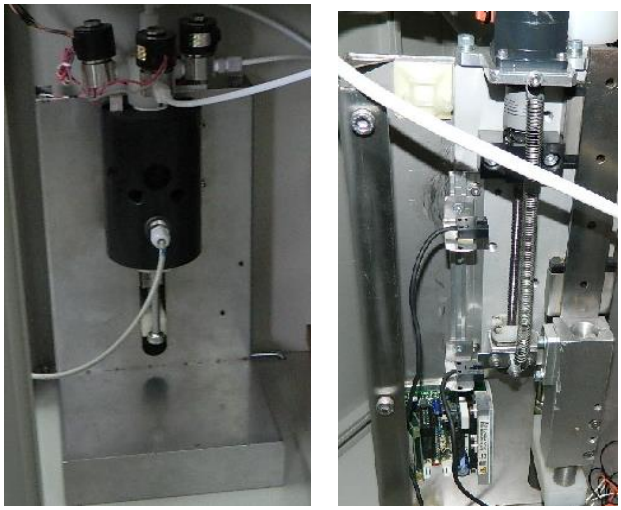
1. ชุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ประกอบด้วยตัวถังสำหรับทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ซึ่งได้ติดตั้งปั้มน้ำเพื่อทำการดูดตัวอย่างน้ำเสียมาที่ตัวถัง และมีการควบคุมการทำงานด้วยวาล์วไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ซึ่งจะรับสัญญาณจาก PLC เพื่อให้สูบน้ำเข้าหรือระบายน้ำออก นอกจากนี้ ภายในถังยังติดตั้งชุดทำความสะอาดและมอเตอร์อีก 1 ชุด เพื่อทำความสะอาดภายในได้ด้วย ซึ่งตรงจุดนี้มีสัญญาณจาก PLC คอยควบคุมด้วยเช่นกัน.

รูปที่ 4.6 ชุดเก็บตัวอย่างน้ำ.

2. ชุดสำหรับทำการทดสอบ

ประกอบด้วยแท่งแก้วที่ทำจากควอตซ์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีคือจะไม่ดูดกลืนแสง UV เหมือนกับแท่งแก้วชนิดอื่นๆ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ด้านในจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง UV และตัวรับแสง UV ซึ่งจะทำหน้าที่ในการรับความเข้มของแสง UV และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า 0–5 โวลต์ เพื่อส่งผ่านไปยังส่วนประมวลผล นอกจากนี้ ยังติดตั้งวาล์วไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จำนวน 4 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ในการเลือกช่องทางว่าจะดูดน้ำเสีย หรือน้ำกลั่นมาภายในเพื่อทำการประมวลผล จังหวะในการดูดน้ำและปล่อยน้ำทิ้งจะถูกควบคุมด้วย PLC โดยการส่งสัญญาณควบคุมมายังสเต็ปมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ที่ยึดติดกับไซริงจ์ (Syringe).

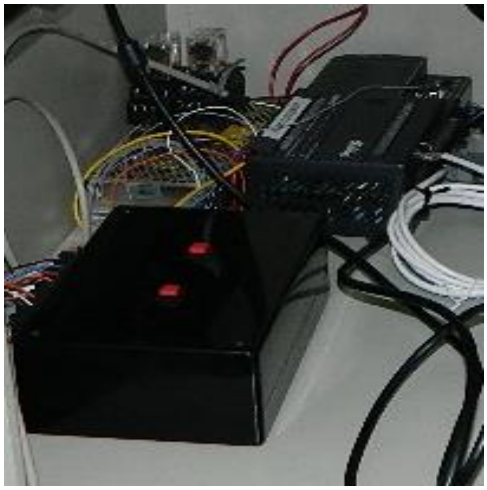


รูปที่ 4.7 ด้านหน้าและด้านหลังของชุดสำหรับทำการทดสอบ.

3. ชุดสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง

ชุดสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจะประกอบไปด้วย PLC ขนาด 24 อินพุต และ 16 เอาต์พุต ซึ่งจะใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ โดยส่วนของอินพุตจะต่อเข้ากับเซ็นเซอร์ตามจุดต่างๆ ภายในเครื่อง ได้แก่ ตำแหน่งตรวจวัดระดับน้ำในชุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำ ตำแหน่งของไซริงจ์เพื่อทำการตวรจเช็คสถานะของเครื่องว่ากำลังอยู่ในขั้นตอนไหนอยู่ ตำแหน่งบนหน้าจอเพื่อทำการเริ่มการทำงานและหยุดการทำงาน ในส่วนของเอาต์พุตจะทำการส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานให้กับอุปกรณ์ต่างภายในเครื่อง ได้แก่ ส่งสัญญาณไปควบคุมชุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ทำการดูดน้ำเข้าหรือปล่อยน้ำออก ส่งสัญญาณไปควบคุมชุดสำหรับ

ทำการทดสอบ เพื่อให้เลือกเปิดวาล์วน้ำที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง ควบคุมสเต็ปมอเตอร์เพื่อทำการดึงไซริงจ์เพื่อดูดน้ำและปล่อยน้ำออก เมื่อครบจังหวะการทำงานจะส่งสัญญาณไปยังชุดประมวลผลเพื่อทำการวัดและคำนวนค่าที่อ่านได้.



รูปที่ 4.8 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง.

4. ชุดสำหรับประมวลผล

ชุดสำหรับประมวลผลจะประกอบด้วย อุปกรณ์อินเตอร์เฟส (Interface) สัญญาณ และคอมพิวเตอร์ โดยอุปกรณ์อินเตอร์เฟสจะทำหน้าที่รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงานตามขั้นตอน โดยจะส่งสัญญาณไฟกระแสตรง 24 โวลต์ ไปที่อินพุตของ PLC เพื่อบอกให้ PLC เริ่มทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครื่อง นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่รับสัญญาณอะนาล็อก 0-5 โวลต์จากหัววัดสัญญาณ UV จากชุดสำหรับทำการทดสอบแล้วส่งสัญญาณผ่านไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลที่คำนวณได้ และแสดงเป็นค่า TOC ออกมา.

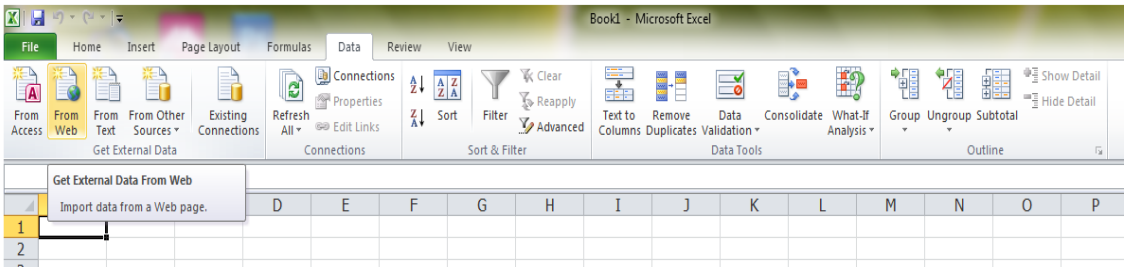
รูปที่ 4.9 ชุดสำหรับประมวลผล.

5. ชุดสำหรับส่งสัญญาณออนไลน์

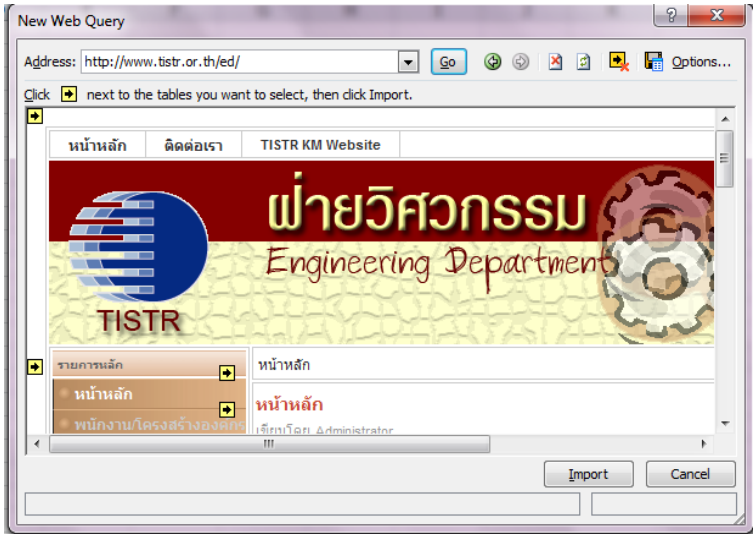
ชุดสำหรับส่งสัญญาณออนไลน์จะประกอบไปด้วยคอมพิวเตอร์ 1 ชุด ที่มีอุปกรณ์ต่ออินเทอร์เน็ตได้ เช่น Wireless Card หรือ LAN Card การส่งค่า TOC ออนไลน์จะใช้วิธีการนำข้อมูลที่อ่านค่าได้จัดเก็บขึ้นไว้บนเว็บไซต์ที่ทำขึ้นในส่วนของค่า TOC ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Real Time) แสดงถึงค่า TOC ณ เวลาปัจจุบันที่เครื่องอ่านค่าได้ และการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการดึงข้อมูลมาจากเว็บไซต์ โปรแกรม Microsoft Excel สามารถดึงข้อมูลจากเว็บไซต์บนอินเทอร์เน็ตมาแสดงผลใน Work Sheet ถ้าข้อมูลในเว็บไซต์มีการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลใน Work Sheet จะเปลี่ยนแปลงตามทันที.

วิธีดึงข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตแบบ Real Time ด้วย WEB Query

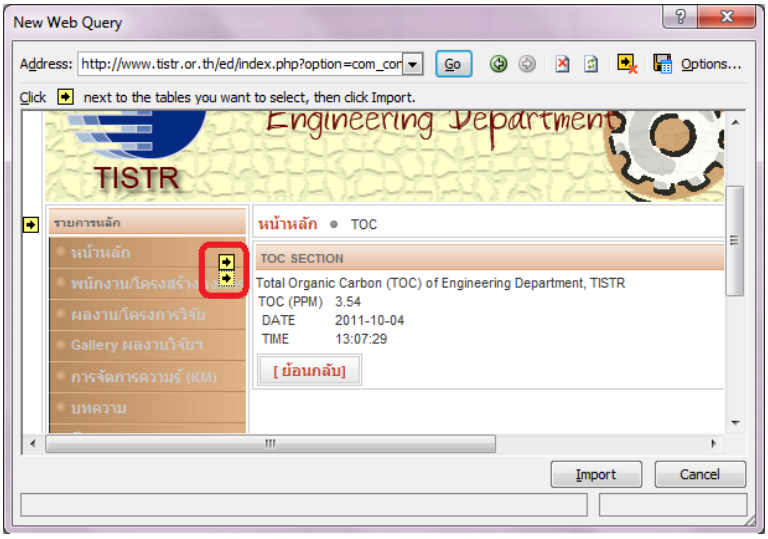
1. เปิดโปรแกรม Microsoft Excel
2. เลือกหน้าต่างเมนู Data
3. เลือกเมนู From Web ดังแสดงในรูป

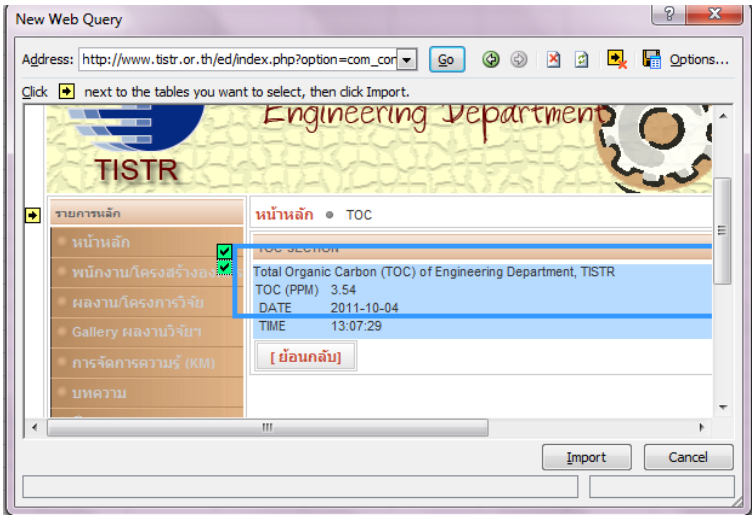


4. จะมีหน้าต่างเวปขึ้นมา ดังแสดงในรูป แล้วให้พิมพ์ชื่อเว็บไซต์เข้าไป

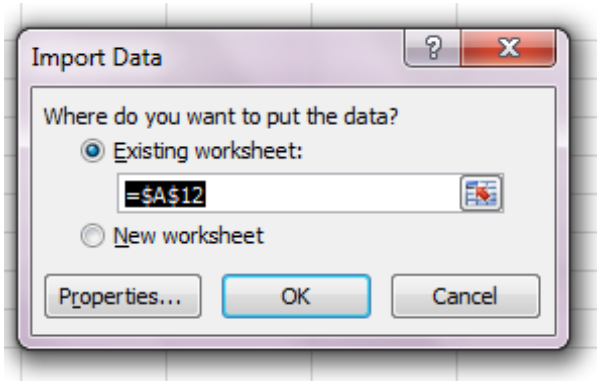


5. ตรงลูกศรสีเหลือง ให้คลิกให้เป็นเครื่องหมายถูก แล้วเลือกเมนู Import

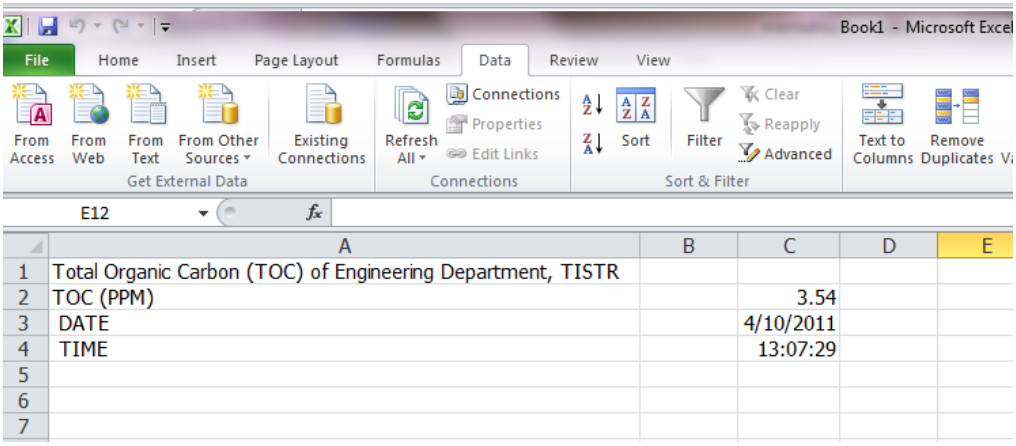




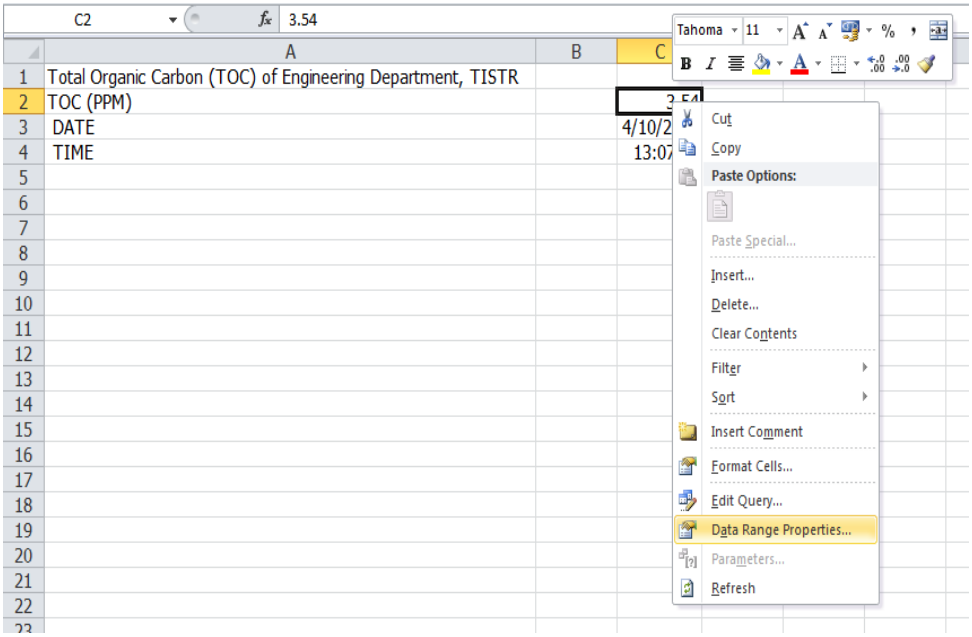
6. จากนั้นเลือกตำแหน่งตารางบน Microsoft Excel ที่เราต้องการเก็บข้อมูลดังแสดงในรูป แล้วเลือก OK



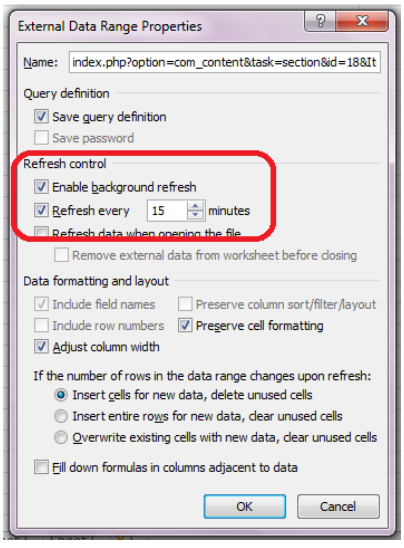
7. ค่าต่างๆ จะแสดงบนตาราง Microsoft Excel ดังแสดงในรูป



8. การกำหนดช่วงเวลาที่จะทำการดึงข้อมูลสามารถกำหนดได้โดยเลือกข้อมูลที่ต้องการแล้วคลิกขวา เลือกที่เมนู Data Range Properties ดังแสดงในรูป



9. ให้ใส่ช่วงเวลาที่เราต้องกำหนดการ หลังจากนั้นกด OK



10. เมื่อค่า TOC บนเว็บไซต์มีการเปลี่ยนแปลงค่า TOC ที่อยู่ในตาราง Microsoft Excel จะเปลี่ยนแปลงตามเช่นเดียวกัน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตของคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสีย แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า น่าจะสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีกับน้ำเสียที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่ำๆ ในช่วงหนึ่งได้ ในการนำชุดอุปกรณ์วิเคราะห์นี้ไปใช้ตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์สูงๆ สามารถกระทำได้โดยการเจือจางตัวอย่างน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมก่อน แล้วจึงนำมาทำการตรวจวัดแล้วแปลงค่าความเข้มข้นกลับไป จะใช้หาค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำได้.

ชุดอุปกรณ์ตรวจหาคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยรังสี UVC ที่พัฒนาขึ้นจากโครงการนี้สามารถใช้ตรวจหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำได้ที่ความเชื่อมั่นมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ($R^2 \cong 0.902$) และที่ปริมาณความเข้มของคาร์บอนอินทรีย์ต่ำกว่า 30 ppm ชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถให้ความเชื่อมั่นได้มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ($R^2 \cong 0.977$) สำหรับการตรวจหาด้วยสารละลายที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มาตรฐาน.

6. ข้อเสนอแนะ

ในการประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์อยู่ในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จะสามารถกระทำได้ โดยการเจือจางน้ำเสียก่อนแล้วค่อยคำนวณย้อนกลับในภายหลัง.

ในการทำงานตรวจติดตามภาคสนาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำงานแบบออนไลน์ ควรติดกับชุดอุปกรณ์กรองความขุ่นน้ำเสียที่สามารถทำความสะอาดได้ด้วยตนเองไว้ด้วย เพื่อช่วยลดความผิดพลาดจากความขุ่นของน้ำเสีย นอกจากนี้ ควรมีระบบการเจือจางน้ำเสียที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติเพิ่มเติมไว้ด้วย สำหรับการตรวจติดตามแหล่งน้ำเสียที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ค่อนข้างมาก.

7. เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2550. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์การให้ความเห็นชอบให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2550.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2540. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงาน พ.ศ. 2539 และฉบับที่ 2 พ.ศ. 2540.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2547.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2548. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2548.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษและเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2549.

ชาญณรงค์ นาคเรือง. มปป. Total Organic Carbon Analyzer.

Huston, J.B. 2002. Total Organic Carbon (TOC) Guidance Manual.

Schumacher, B.A., 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 ทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีการดูดกลืนที่ดีกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

ความเข้มข้น (ppm)	UVA	UVA I/I0	UVB	UVB I/I0	UVC	UVC I/I0
0	14	1.0000	25.8	1.0000	860.3	1.0000
1	13.7	0.97857	25.2	0.9767	801.1	0.9312
3	13.5	0.96429	24.3	0.9419	749	0.8706
5	13.3	0.9500	24	0.9302	744.3	0.8652
10	13.4	0.95714	23.8	0.9225	750.2	0.872
15	13.5	0.96429	23.9	0.9264	716.1	0.8324
30	13.2	0.94286	24.6	0.9535	700	0.8137
50	13	0.92857	21.6	0.8372	504	0.5858
70	13.6	0.97143	20.6	0.7984	414	0.4812
90	13.3	0.9500	19.4	0.7519	337	0.3917
100	13.3	0.9500	18.5	0.7171	298	0.3464

ตารางที่ 2. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 2 การทดสอบการดูดกลืนรังสีUVCของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีความเข้มข้น ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (ppm)	ค่า UVC น้ำกลั่น	ค่า UVC น้ำกลั่น+คาร์บอน	ค่า I/I0
1	750	660	0.88000
2	750	581	0.774667
3	740	536	0.724324
4	740	489	0.660811
5	764	462	0.604712
6	767	421	0.548892
7	768	372	0.484375
8	838	365	0.435561
9	855	327	0.382456
10	850	292	0.343529
20	858	119	0.138695
30	832	42	0.050481

ตารางที่ 2. (ต่อ)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่า UVC น้ำกลั่น	ค่า UVC น้ำกลั่น+คาร์บอน	ค่า I/I0
40	839	14.50	0.017282
50	845	3.90	0.004615
100	842	0	0

ตารางที่ 3. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 3 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสี UVC

ความเข้มข้น (ppm)	UVC	UVC I/Io	ความขุ่น
0	788	1	0.13
1	795	1.008883	0.62
2	801	1.016497	0.53
3	786	0.997462	0.67
4	768	0.974619	0.68
5	763	0.968274	1.18
6	749	0.950508	0.99
7	720	0.913706	1.5
8	711	0.902284	1.62
9	710	0.901015	1.1
10	746	0.946701	1.2

ตารางที่ 4. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 1

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30 °C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	807	759	0	0
	ช่องล่าง	864	819	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	13.2	13.1	0	0
	ช่องล่าง	19.3	19.2	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	128	111	1254	1069
	ช่องล่าง	130	115	1278	1095
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	2.3	1.8	0	0
	ช่องล่าง	2.1	1.8	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	862	756	1308	1123
	ช่องล่าง	869	838	1295	1125
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	136	121	0	0
	ช่องล่าง	143	123	0	0

ตารางที่ 5. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 2

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	827	841	0	0
	ช่องล่าง	839	841	0	0

ตารางที่ 5. (ต่อ)

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	11.6	11.7	0	0
	ช่องล่าง	17.1	17.1	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	114	117	1172	1169
	ช่องล่าง	115	118	1214	1190
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	2.1	2.0	0	0
	ช่องล่าง	1.9	1.8	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	832	830	1188	1126
	ช่องล่าง	840	841	1213	1142
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	123	121	0	0
	ช่องล่าง	129	130	0	0

ตารางที่ 6. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 3

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	812	810	0	0
	ช่องล่าง	828	830	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	11.3	11.5	0	0
	ช่องล่าง	16.4	17.1	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	115	114	1163	1141
	ช่องล่าง	117	117	1211	1179
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	2.0	1.8	0	0
	ช่องล่าง	1.8	1.8	0	0

ตารางที่ 6. (ต่อ)

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	814	833	1147	1100
	ช่องล่าง	827	836	1184	1147
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	121	121	0	0
	ช่องล่าง	127	131	0	0

ตารางที่ 7. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 4

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	806	826	0	0
	ช่องล่าง	817	817	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	11.5	11.2	0	0
	ช่องล่าง	16.7	16.7	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	117	120	1191	1077
	ช่องล่าง	120	119	1246	1112
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	2.1	1.7	0	0
	ช่องล่าง	1.9	2.1	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	790	800	1142	1000
	ช่องล่าง	808	818	1183	1032
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	124	122	0	0
	ช่องล่าง	128	133	0	0

ตารางที่ 8. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 5

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	782	773	0	0
	ช่องล่าง	804	795	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	11.2	11.0	0	0
	ช่องล่าง	16.5	10.6	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	113	117	1168	1160
	ช่องล่าง	116	118	1218	1198
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	1.9	2.0	0	0
	ช่องล่าง	1.8	2.0	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	773	766	1133	1107
	ช่องล่าง	801	788	1177	1148
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	123	121	0	0
	ช่องล่าง	128	129	0	0

ตารางที่ 9. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 6

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	824	827	0	0
	ช่องล่าง	816	815	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	11	11.2	0	0
	ช่องล่าง	16.5	16.7	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	115	113	1160	1111
	ช่องล่าง	118	116	1264	1161
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	1.9	2.1	0	0
	ช่องล่าง	1.9	1.5	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	809	808	1136	1086
	ช่องล่าง	831	817	1193	1132
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	124	121	0	0
	ช่องล่าง	130	129	0	0

ตารางที่ 10. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำครั้งที่ 7

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	812	819	0	0
	ช่องล่าง	819	812	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	10.8	11	0	0
	ช่องล่าง	16.5	16.4	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	115	116	1186	1148
	ช่องล่าง	120	119	1229	1175
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	1.9	1.8	0	0
	ช่องล่าง	1.8	1.8	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	807	792	1159	1109
	ช่องล่าง	812	810	1212	1146
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	124	124	0	0
	ช่องล่าง	133	132	0	0

ตารางที่ 11. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4 การทดสอบเกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ในน้ำครั้งที่ 8

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA		Probe UVC	
		30°C	50 °C	30 °C	50 °C
1.ปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
2.ปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0	0
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0	0
3.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I	ช่องบน	822	852	0	0
	ช่องล่าง	822	828	0	0
4.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is	ช่องบน	11.3	11.7	0	0
	ช่องล่าง	16.8	16.8	0	0
5.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I	ช่องบน	117	114	1158	1100
	ช่องล่าง	118	116	1215	1130
6.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is	ช่องบน	2.3	1.6	0	0
	ช่องล่าง	1.9	1.7	0	0
7.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด I	ช่องบน	819	841	1174	1096
	ช่องล่าง	826	828	1208	1130
8.เปิดหลอดไฟ UVA& UVC วัด Is	ช่องบน	122	124	0	0
	ช่องล่าง	130	132	0	0

ตารางที่ 12. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 5 เกี่ยวกับปริมาณ TSD ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA					
		C5ppm	Nacl0.2	Nacl0.4	Nacl0.6	Nacl0.8	C5ppm
1.เปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.เปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ช่องล่าง	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	789	779	795	795	794	809
	ช่องล่าง	800	803	803	809	802	789
4.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	9.7	9.7	9.7	9.7	9.9	9.7
	ช่องล่าง	15.2	15.3	15.2	15.3	15.2	14.8
5.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	118	119	125	123	128	123
	ช่องล่าง	118	118	124	120	126	122
6.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	ช่องล่าง	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8
7.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	800	780	791	785	806	808
	ช่องล่าง	8.6	802	801	718	812	795
8.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	122	126	128	125	127	128
	ช่องล่าง	127	130	132	131	131	132
หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVC					
		C5ppm	Nacl0.2	Nacl0.4	Nacl0.6	Nacl0.8	C5ppm
1.เปิดหลอดไฟวัด I	ช่องบน	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0
2.เปิดหลอดไฟวัด Is	ช่องบน	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0
3.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0
4.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0
5.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	1186	1219	1194	1187	1177	1229
	ช่องล่าง	1175	1227	1198	1190	1180	1254
6.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0
7.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	1176	1220	1197	1192	1178	1222
	ช่องล่าง	1177	1229	1196	1197	1177	1239
8.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 13. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 5 เกี่ยวกับปริมาณ TSD ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	788	782	779	755	689	677	644
	ช่องล่าง	720	715	707	703	626	641	606
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	9	8.8	8.8	8.9	8.5	8.6	8.3
	ช่องล่าง	14.2	14	183.9	14	13.4	13.4	12.8
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	111	107	103	109	102	111	105
	ช่องล่าง	112	108	104	114	103	115	106
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	1.2	1.7	1.9	1.8	1.8	2	117
	ช่องล่าง	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	116
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	1780	781	793	760	680	668	628
	ช่องล่าง	722	714	715	706	640	643	607
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	111	114	110	117	109	124	112
	ช่องล่าง	117	118	116	124	115	130	118
หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVC						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	1153	1120	1038	1072	1068	1144	1116
	ช่องล่าง	1634	1084	1024	1072	1077	1152	1136
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	1660	1123	1042	1100	1072	1146	1125
	ช่องล่าง	1649	1091	1025	1061	1075	1161	1135
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 14. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 5 เกี่ยวกับปริมาณ TSD ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	742	665	777	660	640	635	632
	ช่องล่าง	698	631	720	624	604	599	608
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	13.9	11.8	9	8.6	8	8.2	8.5
	ช่องล่าง	13	12.3	13	13.2	12.5	12.6	12.9
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	108	106	106	101	109	106	108
	ช่องล่าง	110	109	107	105	102	110	111
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	1.9	1.8	1.8	1.9	2	1.8	2
	ช่องล่าง	1.5	1.6	1.7	2	1.8	1.9	1.9
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	720	663	785	668	643	635	640
	ช่องล่าง	683	629	720	633	610	602	606
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	116	114	113	105	117	113	112
	ช่องล่าง	120	121	118	115	116	122	120
หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVC						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	1721	1157	1055	1116	1128	1133	1152
	ช่องล่าง	1727	1164	1041	1130	1148	1150	1170
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	1756	1154	1058	1121	1125	1130	1146
	ช่องล่าง	1734	1734	1042	1135	1149	1149	1167
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 15. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 5 เกี่ยวกับปริมาณ TSD ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	700	672	752	663	672	650	662
	ช่องล่าง	683	652	701	660	663	638	646
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	8.6	8.4	8.8	8.4	8.4	8.1	8.5
	ช่องล่าง	14.3	13.7	13.8	13.7	13.9	13.4	13.8
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	98	102	104	96	101	99	102
	ช่องล่าง	100	105	106	98	103	102	106
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	1.8	2	1.9	1.7	1.8	1.6	1.9
	ช่องล่าง	1.8	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	711	652	757	660	669	666	663
	ช่องล่าง	674	633	704	656	657	658	639
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	105	109	112	102	110	106	107
	ช่องล่าง	114	116	116	108	116	115	115
หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVC						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	1680	1141	1039	1104	1115	1114	1116
	ช่องล่าง	1688	1145	1021	1094	1111	1112	1116
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	1688	1143	1044	1109	1122	1125	1127
	ช่องล่าง	1689	1144	1034	1091	1116	1115	1117
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 16. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 5 เกี่ยวกับปริมาณ TSD ที่มีผลต่อการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		Probe UVA						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	654	637	744	627	654	617	644
	ช่องล่าง	642	622	697	616	638	613	628
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	8.3	7.9	8.8	7.9	8.3	8	8.3
	ช่องล่าง	13.4	13.1	13.8	13.1	13.4	13	13.5
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	1.6	100	111	102	99	99	98
	ช่องล่าง	108	103	113	105	1.02	103	101
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	2.1	1.9	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7
	ช่องล่าง	1.7	1.6	1.8	1.7	1.6	1.6	1.9
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	655	648	753	642	650	635	646
	ช่องล่าง	637	637	706	624	641	632	634
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	112	106	118	1.09	105	105	104
	ช่องล่าง	120	113	125	116	113	113	112
หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง		obe UVC						
		น้ำกลั่น	C5ppm	C5ppm+ Nacl 200mg/l	C5ppm+ Nacl 500mg/l	C5ppm+ Nacl 1000mg/l	C5ppm+ Nacl 2000mg/l	C5ppm+ Nacl 3000mg/l
1.เปิดหลอดไฟUVA วัดI	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
2.เปิดหลอดไฟUVA วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
3.เปิดหลอดไฟUVC วัดI	ช่องบน	1776	1083	1083	1115	1086	1110	1096
	ช่องล่าง	1790	1084	1084	1129	1099	1120	1107
4.เปิดหลอดไฟUVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0
5.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดI	ช่องบน	1788	1091	1094	1119	1094	1113	1095
	ช่องล่าง	1794	1088	1093	1136	1101	1124	1107
6.เปิดหลอดไฟUVA&UVC วัดIs	ช่องบน	0	0	0	0	0	0	0
	ช่องล่าง	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 17. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	678	631	8.8	13.3	105	108	2	1.9	670	623	112	119
C0.3ppm	667	614	80.2	12.8	106	110	2.1	1.9	675	622	115	121
น้ำกลั่น	666	614	8.8	12.8	103	107	1.8	1.9	659	607	112	119
C0.5ppm	660	605	8.4	12.6	100	103	1.9	1.7	665	598	107	113
น้ำกลั่น	673	613	8.6	12.9	103	105	1.9	1.7	671	614	108	115
C1ppm	660	601	8.3	12.6	104	107	2	1.8	674	612	112	119
น้ำกลั่น	702	638	8.9	13.3	103	106	1.7	1.7	689	630	109	116
C2ppm	687	625	8.8	132.9	102	105	2	1.8	700	629	109	117
น้ำกลั่น	675	622	8.6	12.9	104	106	2.1	1.9	670	619	112	119
C3ppm	671	609	8.3	12.4	105	103	1.8	1.7	681	623	112	121
น้ำกลั่น	674	623	8.6	12.8	104	108	2	1.8	664	609	113	120
C4ppm	663	597	8.4	12.5	103	104	1.9	1.7	682	609	108	111

ตารางที่ 18. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	738	671	9	13.3	98	100	1.8	1.7	757	677	101	107
C0.3ppm	733	663	8.9	13.4	107	109	1.4	1.6	734	661	105	109
น้ำกลั่น	730	655	9.2	3.4	97	96	1.7	1.8	722	655	105	112
C0.5ppm	707	626	92	12.9	95	99	1.9	1.8	671	636	100	105
น้ำกลั่น	688	611	806	12.7	97	101	1.7	1.6	671	600	104	110
C1ppm	682	609	8.3	12.4	98	102	1.5	1.5	692	612	106	112
น้ำกลั่น	708	640	9.1	12	98	100	2	2	708	639	104	111
C2ppm	692	618	8.2	12.5	99	102	1.7	2.1	708	639	102	112
น้ำกลั่น	689	626	8.7	11.8	100	96	1.9	1.9	678	608	104	107
C3ppm	711	648	9	13	94	84	2	1.9	715	639	102	89
น้ำกลั่น	721	643	9.1	13.1	97	101	1.7	1.6	724	650	100	112
C4ppm	702	630	8.9	13	91	89	1.6	2.7	7005	631	94	105

ตารางที่ 19. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	712	646	9	13.2	97	102	1.7	1.6	697	640	103	112
C0.3ppm	701	633	8.6	12.8	98	101	1.6	1.4	708	638	105	113
น้ำกลั่น	683	612	8.7	13	100	102	1.6	1.7	681	611	104	111
C0.5ppm	686	604	8.6	12.69	101	102	2.1	1.8	693	612	109	115
น้ำกลั่น	725	679	9.2	13.9	107	113	1.6	1.6	723	655	106	110
C1ppm	707	649	9.2	13.5	100	77	1.8	1.7	732	668	107	113
น้ำกลั่น	684	632	8.6	13.2	107	105	1.9	1.7	687	629	116	119
C2ppm	673	628	8.7	13.4	103	103	1.5	1.8	668	620	111	94114
น้ำกลั่น	718	660	9	13.8	103	100	1.7	1.8	726	8668	110	114
C3ppm	700	644	8.8	13.4	103	102	1.4	1.7	690	639	110	114
น้ำกลั่น	676	625	8.9	13	100	100	1.5	1.5	697	643	110	111
C4ppm	698	646	8.7	13.2	99	98	1.6	1.7	695	646	107	108

ตารางที่ 20. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิด หลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิด หลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิด หลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิด หลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	672	646	8.8	13.4	100	99	1.6	1.5	672	650	106	108
C0.3ppm	691	646	8.7	13.3	101	100	1.6	1.7	703	650	107	111
น้ำกลั่น	688	642	8.8	12.1	97	92	1.6	1.7	681	639	104	110
C0.5ppm	701	658	9	14	99	98	1.9	1.6	701	664	106	110
น้ำกลั่น	659	627	8.8	13.2	98	99	1.9	1.5	639	604	104	109
C1ppm	694	638	8.9	13.1	101	99	2	1.4	652	631	108	110
น้ำกลั่น	641	612	8.9	12.5	103	101	1.6	1.6	655	644	106	102
C2ppm	707	660	8.49.1	14	103	101	1.7	1.5	697	643	106	109
น้ำกลั่น	691	641	9.1	13.8	103	103	1.6	1.6	715	601	104	113
C3ppm	674	624	8.6	13.2	102	101	1.6	1.8	704	637	109	111
น้ำกลั่น	666	620	8	13	103	102	1.8	1.8	701	635	109	110
C4ppm	635	623	8.7	13.2	102	101	1.9	1.6	631	613	108	111

ตารางที่ 21. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัดI		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1175	1774	0	0	1790	1777	0	0
C0.3ppm	0	0	0	0	1751	1766	0	0	1745	1764	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1803	1817	0	0	1805	1816	0	0
C0.5ppm	0	0	0	0	1710	1717	0	0	1718	1725	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1789	1792	0	0	1786	1794	0	0
C1ppm	0	0	0	0	1616	1617	0	0	1615	1618	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1795	1792	0	0	1785	1789	0	0
C2ppm	0	0	0	0	1484	1497	0	0	1477	14699	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1825	1849	0	0	1811	1850	0	0
C3ppm	0	0	0	0	1429	1446	0	0	1416	1445	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1825	1853	0	0	1830	1847	0	0
C4ppm	0	0	0	0	1234	1236	0	0	1231	1239	0	0

ตารางที่ 22. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1756	1746	0	0	1766	1749	0	0
C0.3ppm	0	0	0	0	1745	1742	0	0	1790	1766	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1747	1738	0	0	1740	1744	0	0
C0.5ppm	0	0	0	0	1662	1681	0	0	1664	1687	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1736	1721	0	0	1736	1726	0	0
C1ppm	0	0	0	0	1604	1606	0	0	1604	1612	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0		1712	1704	0	0	1718	1707	0	0
C2ppm	0	0	0	0	1488	1478	0	0	1459	1486	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1720	1724	0	0	1720	1729	0	0
C3ppm	0	0	0	0	1330	1241	0	0	1338	1194	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1744	1766	0	0	1726	1745	0	0
C4ppm	0	0	0	0	1188	1183	0	0	1192	1180	0	0

ตารางที่ 23. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1730	1755	0	0	1730	1755	0	0
C0.3ppm	0	0	0	0	1722	1706	0	0	1722	1706	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1760	1745	0	0	1760	1745	0	0
C0.5ppm	0	0	0	0	1722	1733	0	0	1722	1733	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1764	1733	0	0	1764	1733	0	0
C1ppm	0	0	0	0	1638	1590	0	0	1638	1590	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1844	1917	0	0	1844	1917	0	0
C2ppm	0	0	0	0	1568	1492	0	0	1568	1492	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1859	1722	0	0	1859	1722	0	0
C3ppm	0	0	0	0	1398	1331	0	0	1398	1331	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1825	1737	0	0	1825	1737	0	0
C4ppm	0	0	0	0	1281	1210	0	0	1281	1210	0	0

ตารางที่ 24. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1836	1756	0	0	1836	1756	0	0
C0.3ppm	0	0	0	0	1790	1708	0	0	1790	1708	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1819	1767	0	0	1819	1767	0	0
C0.5ppm	0	0	0	0	1724	1641	0	0	1724	1641	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1798	1724	0	0	1798	1724	0	0
C1ppm	0	0	0	0	1638	1608	0	0	1638	1608	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0		1867	1768	0	0	1867	1768	0	0
C2ppm	0	0	0	0	1530	1461	0	0	1530	1461	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1851	1736	0	0	1851	1736	0	0
C3ppm	0	0	0	0	1362	1290	0	0	1362	1290	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1842	1742	0	0	1842	1742	0	0
C4ppm	0	0	0	0	1230	1168	0	0	1230	1168	0	0

ตารางที่ 25. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	693	642	7.7	12.5	101	99	1.4	1.4	695	647	105	108
C5ppm	686	625	7.8	12.1	103	102	1.6	1.3	675	619	107	110
น้ำกลั่น	684	633	7.6	11.3	102	101	1.4	1.5	673	627	108	110
C10ppm	667	640	7.8	12.8	101	101	1.6	1.4	683	649	104	109
น้ำกลั่น	671	626	8	12.6	104	103	1.5	1.6	688	634	108	110
C15ppm	638	633	8	12.6	107	106	1.7	1.5	675	629	111	115
น้ำกลั่น	637	611	7.8	12.1	105	104	1.7	1.6	653	611	110	113
C20ppm	689	641	7.9	12.6	107	106	1.7	1.5	665	635	111	114
น้ำกลั่น	660	611	7.8	12	104	104	1.5	1.6	660	611	111	113
C25ppm	680	634	7.7	12.6	103	102	1.8	1.8	655	629	110	112

ตารางที่ 26. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	624	602	7.5	11.9	103	102	1.6	1.4	635	608	109	111
C5ppm	647	598	7.3	11.6	101	102	1.3	1.4	653	605	107	109
น้ำกลั่น	640	588	7.3	12	101	100	1.7	1.6	640	589	108	111
C10ppm	648	599	7.4	11.8	103	102	1.7	1.5	651	595	109	111
น้ำกลั่น	684	633	8.1	12.6	101	102	1.7	1.5	668	630	107	112
C15ppm	678	620	7.5	12.4	103	102	1.5	1.4	704	127	110	113
น้ำกลั่น	685	633	8.1	12.8	100	101	1.4	1.5	682	636	107	112
C20ppm	683	639	8.1	12.8	101	102	1.6	1.4	687	685	108	112
น้ำกลั่น	659	611	7.9	12.2	104	101	1.5	1.5	674	610	108	110
C25ppm	645	598	7.5	12.1	100	100	1.6	1.5	658	606	108	110

ตารางที่ 27. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVA	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1717	1627	0	0	1717	1627	0	0
C5ppm	0	0	0	0	1113	1060	0	0	1113	1060	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1763	1680	0	0	1763	1680	0	0
C10ppm	0	0	0	0	663	637	0	0	663	637	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1769	1676	0	0	1769	1676	0	0
C15ppm	0	0	0	0	386	369	0	0	386	369	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1765	1688	0	0	1765	1688	0	0
C20ppm	0	0	0	0	247	238	0	0	247	238	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1777	1698	0	0	1777	1698	0	0
C25ppm	0	0	0	0	152	144	0	0	152	144	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1685	1683	0	0	1685	1683	0	0
C30ppm	0	0	0	0	86	75	0	0	86	75	0	0

ตารางที่ 28. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1770	1693	0	0	1770	1693	0	0
C5ppm	0	0	0	0	1115	1087	0	0	1115	1087	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1762	1702	0	0	1762	1702	0	0
C10ppm	0	0	0	0	704	670	0	0	704	670	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1738	1703	0	0	1738	1703	0	0
C15ppm	0	0	0	0	416	395	0	0	416	395	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1822	1774	0	0	1822	1774	0	0
C20ppm	0	0	0	0	259	249	0	0	259	249	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1881	1805	0	0	1881	1805	0	0
C25ppm	0	0	0	0	150	144	0	0	150	144	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1675	1673	0	0	1675	1673	0	0
C30ppm	0	0	0	0	83	78	0	0	83	78	0	0

ตารางที่ 29. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1803	1716	0	0	1803	1716	0	0
C5ppm	0	0	0	0	1130	1080	0	0	1130	1080	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1815	1734	0	0	1815	1734	0	0
C10ppm	0	0	0	0	685	649	0	0	685	649	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1819	1735	0	0	1819	1735	0	0
C15ppm	0	0	0	0	413	393	0	0	413	393	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1805	1733	0	0	1805	1733	0	0
C20ppm	0	0	0	0	248	240	0	0	248	240	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1796	1716	0	0	1796	1716	0	0
C25ppm	0	0	0	0	158	150	0	0	158	150	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1695	1690	0	0	1695	1690	0	0
C30ppm	0	0	0	0	87	83	0	0	87	83	0	0

ตารางที่ 30. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1805	0	0	0	1805	0	0	0
C5ppm	0	0	0	0	1132	0	0	0	1132	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1822	0	0	0	1822	0	0	0
C10ppm	0	0	0	0	672	0	0	0	672	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1823	0	0	0	1823	0	0	0
C15ppm	0	0	0	0	415	0	0	0	415	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1822	0	0	0	1822	0	0	0
C20ppm	0	0	0	0	247	0	0	0	247	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1835	0	0	0	1835	0	0	0
C25ppm	0	0	0	0	155	0	0	0	155	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1690	0	0	0	1690	0	0	0
C30ppm	0	0	0	0	87	0	0	0	87	0	0	0

ตารางที่ 31. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1550	0	0	0	1550	0	0	0
C40ppm	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1591	0	0	0	1591	0	0	0
C60ppm	0	0	0	0	3.9	0	0	0	3.9	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1601	0	0	0	1601	0	0	0
C80ppm	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0.6	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1564	0	0	0	1564	0	0	0
C90ppm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 32. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1556	0	0	0	1556	0	0	0
C40ppm	0	0	0	0	33	0	0	0	33	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1598	0	0	0	1598	0	0	0
C60ppm	0	0	0	0	3.8	0	0	0	3.8	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1599	0	0	0	1599	0	0	0
C80ppm	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1569	0	0	0	1569	0	0	0
C90ppm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 33. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1563	0	0	0	1563	0	0	0
C40ppm	0	0	0	0	35	0	0	0	35	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1580	0	0	0	1580	0	0	0
C60ppm	0	0	0	0	3.7	0	0	0	3.7	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1620	0	0	0	1620	0	0	0
C80ppm	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1590	0	0	0	1590	0	0	0
C90ppm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 34. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบรังสี UVA และ UVC ที่มีการดูดกลืนแสงกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ

Probe UVC	หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง											
	1.เปิดหลอดไฟ UVA วัด I		2.เปิดหลอดไฟ UVA วัด Is		3.เปิดหลอดไฟ UVC วัด I		4.เปิดหลอดไฟ UVC วัด Is		5.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด I		6.เปิดหลอดไฟ UVA&UVC วัด Is	
	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง	ช่องบน	ช่องล่าง
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1580	0	0	0	1580	0	0	0
C40ppm	0	0	0	0	29	0	0	0	29	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1589	0	0	0	1589	0	0	0
C60ppm	0	0	0	0	3.6	0	0	0	3.6	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1609	0	0	0	1609	0	0	0
C80ppm	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0.7	0	0	0
น้ำกลั่น	0	0	0	0	1560	0	0	0	1560	0	0	0
C90ppm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 35. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 7 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีผลต่อการดูดกลืนของรังสี UVC

ตัวอย่าง	วัด Probe UVC w/m^2		
	ค่า I	ค่า I_0	ค่า I/I_0
1. น้ำกลั่น	1.458	1.458	1
2.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.432	1.456	0.9835
3.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.399	1.433	0.9762
4.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.362	1.542	0.8832
5.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.315	1.523	0.8634
6.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.266	1.529	0.8279
7.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.214	1.519	0.7992
8.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.185	1.458	0.8127
9.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.093	1.465	0.7460
10.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	1.020	1.500	0.68
11.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	0.754	1.502	0.5019
12.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	0.756	1.547	0.4886
13.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	0.526	1.560	0.3371
14.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	0.370	1.520	0.2434
15.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น	0.224	1.539	0.1455
16.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 0 NTU	-	-	-
17.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 1 NTU	0.256	1.456	0.1758
18.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 2 NTU	0.256	1.433	0.1786
19.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 3NTU	0.257	1.542	0.1666
20.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 4 NTU	0.248	1.523	0.1628
21.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 5 NTU	0.248	1.529	0.1621
22.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 6 NTU	0.244	1.519	0.1606
23.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 7 NTU	0.242	1.458	0.1659
24.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 8 NTU	0.237	1.465	0.1617
25.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 9 NTU	0.223	1.500	0.1486
26.ปริมาณ Cอินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น10 NTU	0.220	1.502	0.1464
27.ปริมาณ Cอินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น20 NTU	0.118	1.547	0.0762
28.ปริมาณ Cอินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น30 NTU	0.114	1.560	0.0730
29.ปริมาณ Cอินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น40 NTU	0.81	1.520	0.0532
30.ปริมาณ Cอินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น50 NTU	0.53	1.539	0.0344

ตารางที่ 36. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 8 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีผลต่อการดูดกลืนของรังสี UVC

ตัวอย่าง	วัด Probe UVC w/m^2			ความขุ่น
	ค่า I	ค่า I_0	ค่า I/I_0	NTU
1. น้ำกลั่น	1.545	1.545	1	0.30
2.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 1 NTU	1.460	1.548	0.9431	1.32
3.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 2 NTU	1.394	1.541	0.9046	2.33
4.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น3 NTU	1.339	1.491	0.8980	3.11
5.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 4 NTU	1.265	1.495	0.8461	4.08
6.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 5 NTU	1.238	1.469	0.8275	5..35
7.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 6 NTU	1.180	1.494	0.7898	6.13
8.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 7 NTU	1.144	1.482	0.7719	7.29
9.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 8 NTU	1.096	1.500	0.7306	8.06
10.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 9 NTU	1.046	1.484	0.7048	9.11
11.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 10 NTU	1.020	1.487	0.6859	9.86
12.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 20 NTU	0.731	1.615	0.4526	19.94
13.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 30 NTU	0.615	1.655	0.3716	28.56
14.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 40 NTU	0.429	1.680	0.2553	35.3
15.น้ำกลั่น+สารละลายความขุ่น 50 NTU	0.327	1.637	0.1997	48.6
16.ปริมาณ C อินทรีย์ 1 ppm +สารละลายความขุ่น 0 NTU	1.489	1.640	0.9079	0.50
17.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 1 NTU	1.462	1.630	0.8969	1.05
18.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 2 NTU	1.407	1.643	0.8563	2.27
19.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 3NTU	1.349	1.640	0.8225	3.28
20.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 4 NTU	1.300	1.629	0.7980	3.96
21.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 5 NTU	1.204	1.610	0.7478	5.00
22.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 6 NTU	1.172	1.558	0.7522	5.84
23.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 7 NTU	1.130	1.504	0.7513	6.99
24.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 8 NTU	1.123	1.635	0.6868	7.79
25.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 9 NTU	1.048	1.648	0.6359	9.58
26.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 10 NTU	1.030	1.655	0.6223	10.76
27.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 20 NTU	0.773	1.652	0.4679	18.011
28.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 30 NTU	0.565	1.650	0.3424	26.7
29.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 40 NTU	0.404	1.647	0.2452	35.8
30.ปริมาณ C อินทรีย์ 1ppm +สารละลายความขุ่น 50 NTU	0.300	1.652	0.1815	45.1

ตารางที่ 37. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 8 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีผลต่อการดูดกลืนของรังสี UVC

ตัวอย่าง	วัด Probe UVC			ความขุ่น NTU
	ค่า I	ค่า I_0	ค่า I/I_0	
1.ปริมาณ C อินทรีย์ 5ppm +สารละลายความขุ่น 0 NTU	0.944	1.529	0.6173	0.19
2.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 1 NTU	0.930	1.532	0.6070	1.11
3.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 2 NTU	0.913	1.520	0.6006	2.00
4.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 3NTU	0.838	1.523	0.5502	3.10
5.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 4 NTU	0.878	1.521	0.5772	4.25
6.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 5 NTU	0.872	1.521	0.5733	5.02
7.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 6 NTU	0.886	1.594	0.5558	5.72
8.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 7 NTU	0.836	1.594	0.5244	6.24
9.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 8 NTU	0.824	1.598	0.5156	7.60
10.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 9 NTU	0.759	1.582	0.4797	8.79
11.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 10 NTU	0.760	1.592	0.4773	10.40
12.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 20 NTU	0.516	1.595	0.3235	20.0
13.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 30 NTU	0.365	1.594	0.2289	30.8
14.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 40 NTU	0.260	1.595	0.1630	40.1
15.ปริมาณ C อินทรีย์ 5 ppm +สารละลายความขุ่น 50 NTU	0.194	1.595	0.1216	50.8
16.ปริมาณ C อินทรีย์10 ppm +สารละลายความขุ่น 0 NTU	0.546	1.457	0.3747	0.52
17.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 1 NTU	0.560	1.463	0.3827	1.53
18.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 2 NTU	0.559	1.465	0.3815	2.28
19.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 3NTU	0.551	1.470	0.3748	3.40
20.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 4 NTU	0.545	1.474	0.3697	4.22
21.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 5 NTU	0.527	1.479	0.3563	5.03
22.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 6 NTU	0.509	1.484	0.3429	6.24
23.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 7 NTU	0.494	1.476	0.3346	7.00
24.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 8 NTU	0.465	1.480	0.3141	8.60
25.ปริมาณ C อินทรีย์ 10 ppm +สารละลายความขุ่น 9 NTU	0.462	1.467	0.3149	9.01
26.ปริมาณ C อินทรีย์ 10ppm +สารละลายความขุ่น 10 NTU	0.434	1.486	0.2920	9.80
27.ปริมาณ C อินทรีย์ 10ppm +สารละลายความขุ่น 20 NTU	0.310	1.476	0.2100	20.1
28.ปริมาณ C อินทรีย์ 10ppm +สารละลายความขุ่น 30 NTU	0.221	1.477	0.11527	30.2
29.ปริมาณ C อินทรีย์ 10ppm +สารละลายความขุ่น 40 NTU	0.159	1.393	0.1141	40.1
30.ปริมาณ C อินทรีย์ 10ppm +สารละลายความขุ่น 50 NTU	0.109	1.483	0.0734	50.3

ตารางที่ 38. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 8 การทดสอบความขุ่นของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำและสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีผลต่อการดูดกลืนของรังสี UVC

ตัวอย่าง	วัด Probe UVC			ความขุ่น
	ค่า I	ค่า I0	ค่า I/I0	NTU
1.ปริมาณ C อินทรีย์ 15ppm +สารละลายความขุ่น 0 NTU	0.355	1.474	0.2408	0.29
2.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 1 NTU	0.366	1.508	0.2427	1.12
3.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 2 NTU	0.364	1.539	0.2365	2.29
4.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 3NTU	0.357	1.546	0.2309	3.28
5.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 4 NTU	0.348	1.544	0.2253	4.36
6.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 5 NTU	0.332	1.544	0.2150	5.28
7.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 6 NTU	0.328	1.540	0.2129	6.30
8.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 7 NTU	0.312	1.543	0.2022	7.28
9.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 8 NTU	0.291	1.484	0.1960	8.38
10.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 9 NTU	0.282	1.485	0.1898	9.37
11.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 10 NTU	0.214	1.492	0.1434	10.46
12.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 20 NTU	0.188	1.495	0.1257	20.30
13.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 30 NTU	0.126	1.505	0.0837	31.2
14.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 40 NTU	0.085	1.479	0.0574	41.4
15.ปริมาณ C อินทรีย์ 15 ppm +สารละลายความขุ่น 50 NTU	0.060	1.492	0.0402	52.2
16.ปริมาณ C อินทรีย์20 ppm +สารละลายความขุ่น 0 NTU	0.230	1.480	0.1554	0.30
17.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 1 NTU	0.223	1.476	0.1510	1.06
18.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 2 NTU	0.221	1.477	0.1496	1.90
19.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 3NTU	0.225	1.484	0.15616	3.07
20.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 4 NTU	0.220	1.477	0.1489	3.74
21.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 5 NTU	0.231	1.592	0.1451	5.04
22.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 6 NTU	0.222	1.556	0.1426	6.04
23.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 7 NTU	0.216	1.537	0.1405	6.60
24.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 8 NTU	0.207	1.520	0.1361	7.95
25.ปริมาณ C อินทรีย์ 20 ppm +สารละลายความขุ่น 9 NTU	0.203	1.518	0.1337	8.31
26.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 10 NTU	0.195	1.523	0.1280	10.00
27.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 20 NTU	0.144	1.475	0.0976	19.74
28.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 30 NTU	0.100	1.507	0.0663	30.1
29.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 40 NTU	0.071	1.507	0.0471	39.3
30.ปริมาณ C อินทรีย์ 20ppm +สารละลายความขุ่น 50 NTU	0.050	1.508	0.033	50.1

ตารางที่ 39. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 9 การทดสอบปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อความเข้มของแสง UVC เปรียบเทียบกับเครื่องของ SHIMASU บางเขน วัดด้วยเครื่องวัด SHIMASU

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่คำนวณ (ppm)	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่วัดได้ (ppm)
10	10	12.05
20	20	20.9
30	30	32.09
40	40	41.86
50	50	51.86
60	60	60.58
70	70	70.04
80	80	80.1
90	90	91.2
100	100	106.9

ตารางที่ 40. บันทึกผลการทดลองตอนที่ 9 การทดสอบปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อความเข้มของแสง UVC เปรียบเทียบกับเครื่องของ SHIMASU บางเขน วัดด้วยเครื่องวัดด้วยรังสี UVC

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่คำนวณ (ppm)	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่วัดได้ (ppm)
10	10	0.377
20	20	0.135
30	30	0.047
40	40	0.018
50	50	0.006
60	60	0.002
70	70	0.0005
80	80	0
90	90	0
100	100	0

ตารางที่ 41. ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 10 การทดสอบปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำที่มีผลต่อความเข้มของแสง UVC เปรียบเทียบกับเครื่องของ SHIMASU บริษัทเส้นหมี่ชอเฮง

TOC (ppm)	SHIMASU (TOC) (ppm)	น้ำเสีย (ppm)	วัดด้วยรังสี UVC ตัวอย่าง TOC			วัดด้วยรังสี UVC น้ำเสีย		
			I_o	I	I/I_o	I_o	I	I/I_o
8	7.1		545635.66	307886.54	0.564271294			
9	8.17		538541.88	283975.6	0.52730458			
10	8.31	9.83	539188.76	261143.94	0.484327492	451766.28	254016.7	0.562275
11	10.37	13.4	527840.6	305459.66	0.578696788			
12	10.92		527255.28	259922.64	0.492973043			
13	11.6		527735.61	235900.21	0.447004533			
14	13.27		526423.66	234033.77	0.444573046			
15	14.95		501292.72	199384.05	0.397739768	490159.65	200454.2	0.408957
16	14.6		513054.15	202193.68	0.394098128			
17	15.6		513868.46	192477.01	0.374564748			
18	16.54		512276.46	188170.63	0.367322422			
19	17.64		509326.24	164275.26	0.322534453			
20	19.05	16.29	506581.09	149576.25	0.295266154	482837.12	212934.9	0.441008
25	23.7		503835.95	177394.4	0.352087619	469016.51	94991.6	0.202534
30	28.43	22.57	491259.31	63082.19	0.128409149	427913.79	68061.17	0.159053
35	33.36		486569.35	41364.25	0.085012034	372664.68	47230.71	0.126738
40	38.58	28.59	412130.69	26309.14	0.063836886	375089.09	33514.56	0.089351
45	42.92		435519.06	16077.748	0.03691629	397578.85	23858.65	0.06001
50	48.53	33.99	445284.83	11172.301	0.025090235	405028.44	18588.31	0.045894

ตารางที่ 42. (ต่อ)

TOC (ppm)	SHIMASU (TOC) (ppm)	น้ำเสีย (ppm)	วัดด้วยรังสี UVC ตัวอย่าง TOC			วัดด้วยรังสี UVC น้ำเสีย		
			I_o	I	I/I_o	I_o	I	I/I_o
55	52.53		441621.92	6856.413	0.015525527	380231.47	13075	0.034387
60	59.31	58.07	489428.25	3933.634	0.008037203	398440.99	9898.073	0.024842