

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจาก
น้ำทะเลด้วยกระบวนการเวดิโอไลซิสโดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60



จิรชาติ ธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INCREASING EFFICIENCY OF HYDROGEN PRODUCTION FROM SEAWATER BY
RADIOLYSIS USING GAMMA RAY FROM COBALT-60



Mr. Chirachart Thammachart

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจาก
น้ำทะเลด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิสโดยใช้รังสีแกมมาจาก
โคบอลต์-60

โดย

นายจิรชาติ ธรรมชาติ

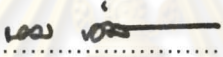
สาขาวิชา

นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สัญชัย นิลสุวรรณเมษิต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสง)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมนันต์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ชนาริปี ทิพยกุล)

จิรัชชาติ ธรรมชาติ : การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลด้วย
 กระบวนการเรดิโอไลซิสโดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 (INCREASING
 EFFICIENCY OF HYDROGEN PRODUCTION FROM SEAWATER BY
 RADIOLYSIS USING GAMMA RAY FROM COBALT-60)
 อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสง, 48 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิส โดยใช้รังสี
 แกมมาจากโคบอลต์-60 โดยมีอนุภาคนาโนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและทำการตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจน
 ที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค Gas chromatography ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตจากกระบวนการเรดิ
 โอไลซิสของน้ำทะเลมีมากกว่าของน้ำกลั่นภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และมีประสิทธิภาพในการผลิต
 ก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นสูงสุด 150 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการเติมอนุภาคนาโนลงไปใต้น้ำทะเลขณะฉาย
 รังสี อย่างไรก็ตาม การผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิสนี้ ยังมีประสิทธิภาพต่ำ แต่
 หากใช้รังสีแกมมาจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วมาผลิตก๊าซไฮโดรเจน ก็จะเป็นการใช้ประโยชน์
 จากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วในระดับหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี.....

ลายมือชื่อ.....

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552

Chid

อ.ดร.ดุลยพงศ์

5070241821 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORDS : HYDROGEN PRODUCTION / SEAWATER / RADIOLYSIS / GAMMA RAY

CHIRACHART THAMMACHART : INCREASING EFFICIENCY OF
HYDROGEN PRODUCTION FROM SEAWATER BY RADIOLYSIS USING
GAMMA RAY FROM COBALT-60.

ADVISOR : DOONYAPONG WONGSAWEANG, Ph.D., 48 pp.

This research aimed to produce hydrogen from seawater by radiolysis using gamma ray from Co-60 and using nanoparticles as catalysts. Hydrogen concentration was measured by gas chromatography technique. Under the same conditions, hydrogen concentrations generated by seawater radiolysis were up to 150% higher than those generated by radiolysis of pure water, and the yield increased with the addition of nanoparticles in seawater. Although the hydrogen production efficiency was extremely low, using gamma radiation from spent nuclear fuel to produce hydrogen would utilize the spent fuel to some degree.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : NUCLEAR TECHNOLOGY.....

Student's Signature *Chirachart*.....

Field of Study : NUCLEAR TECHNOLOGY.....

Advisor's Signature *Doonyapong*.....

Academic Year : 2009.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีในครั้งนี้ ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ
ภาคีศึกษานิเวศเคเลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบัณฑิต
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนเงินทุนสนับสนุนการทำวิจัย และสำนักงานปรมาณู
เพื่อสันติที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องการฉายรังสีแกมมา

สำหรับความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ คำแนะนำที่มอบให้ ขอขอบพระคุณอาจารย์
ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงคณะกรรมการสอบ
วิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาคีศึกษานิเวศเคเลียร์เทคโนโลยีทุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ แก่
ข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า บิดา มารดา ที่อบรมสั่ง
สอน ขอบคุณญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ข้าพเจ้าเสมอมา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีในการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2. แนวคิดและทฤษฎี.....	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซไฮโดรเจน.....	4
2.2 กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจน.....	6
2.3 กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลด้วยกระบวนการฉายรังสี (Radiolysis process).....	6
2.4 ก๊าซ โครมาโตกราฟี Gas Chromatography (GC).....	10
2.5 การประยุกต์ใช้ Gas chromatography.....	14
2.6 น้ำทะเล (seawater).....	15
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
3.1 ขั้นตอนการออกแบบ.....	19
3.2 ขั้นตอนการฉายรังสีน้ำทะเล.....	21

บทที่	หน้า
3.3 แผนดำเนินการทดลอง.....	22
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	24
4.1 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลเพียงอย่างเดียวในช่วง 50 kGy – 100 kGy	24
4.2 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 ในช่วง 50 kGy – 100 kGy	25
4.3 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 ในช่วง 50 kGy – 100 kGy	27
4.4 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 ในช่วง 50 kGy – 100 kGy	28
4.5 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy (การเติมอนุภาคนาโนรวม ทั้งหมดจำกัดที่ 1 กรัม).....	31
4.6 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy (การเติมอนุภาคนาโนรวม ทั้งหมดจำกัดที่ 1.5 กรัม).....	33
4.7 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ที่ปริมาณรังสี 100 kGy.....	34
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	36
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	36
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	37
รายการอ้างอิง.....	38
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก.....	40
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แผนดำเนินการทดลอง	23
4.1	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	24
4.2	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO ₂ จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	26
4.3	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO ₂ จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	27
4.4	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al ₂ O ₃ จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	29
4.5	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr) (การเติมอนุภาคนาโน ทั้งหมดจำกัดที่ 0.5 กรัม).....	30
4.6	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr) (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1 กรัม).....	32
4.7	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr) (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1.5 กรัม).....	33

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบค่าพลังงานของเชื้อเพลิงต่างๆ.....	5
2.2	การใช้รังสีในการสลายโมเลกุลของน้ำ (Water Radiolysis).....	7
2.3	หลักการก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography).....	10
2.4	อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่อง Gas chromatography.....	11
2.5	Sample Injection System.....	11
2.6	Chromatographic Column.....	12
2.7	การแยก peak ของสารแต่ละชนิด.....	14
2.9	แร่ธาตุต่างๆ ในน้ำทะเล.....	16
3.1	ระบบทดลองที่ใช้วางภาชนะบรรจุน้ำทะเลเพื่อทำการฉายรังสี.....	19
3.2	เครื่องฉายรังสีแกมมาจาก Co-60 Gammacell 220 excel สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.....	21
4.1	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	25
4.2	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO ₂ จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	26
4.3	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO ₂ จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	28
4.4	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al ₂ O ₃ จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	29
4.5	เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr).....	31

รูปที่	หน้า	
4.6	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr) (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1 กรัม).....	32
4.7	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr) (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1.5 กรัม).....	34
4.8	ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามที่ได้เติมอนุภาคนาโนของ ZrO ₂ ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ปริมาณรังสี 100 kGy.....	35
5.1	เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เพิ่มขึ้นจากการฉายรังสีน้ำทะเล และน้ำ ที่ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 50 kGy – 100 kGy.....	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พื้นผิวของเปลือกโลกประกอบด้วยน้ำทะเลประมาณ 3 ใน 4 ส่วน ซึ่งถือว่ามีปริมาณมากเมื่อเทียบกับผิวโลก น้ำทะเลมีคุณสมบัติในการดูดและคายความร้อนจากดวงอาทิตย์ และยังมีอิทธิพลต่อมนุษย์ในเรื่องของสภาพภูมิอากาศ เส้นทางการคมนาคม และแหล่งอาหาร ถ้าเราสามารถนำเอาน้ำทะเลที่มีอยู่มากมายมาเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของพลังงานทดแทนในอนาคต

ก๊าซไฮโดรเจนจะเป็นส่วนหนึ่งของเชื้อเพลิงในอนาคต เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วอาจสามารถช่วยผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ โดยการให้รังสีแกมมาที่ปล่อยออกมาผ่านสู่น้ำ (การ Radiolysis) D. W. Vinson และคณะ^[1] พบว่าหากใช้น้ำบริสุทธิ์แล้ว รังสีแกมมาไม่สามารถทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำและผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ J.A.Laverne และคณะ^[2] สรุปว่าเซอรามิกออกไซด์มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน S. Seino และคณะ^[3] ระบุว่าประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีอนุภาคนาโน อยู่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตาม การผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิสนี้ ยังมีประสิทธิภาพต่ำมาก (ไม่สามารถเห็นเป็นฟองก๊าซผุดขึ้นมาได้ และต้องใช้เครื่องวัดก๊าซไฮโดรเจนที่สามารถวัดความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนในระดับ 100 ppm ได้) แต่หากใช้รังสีแกมมาจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วมาผลิตก๊าซไฮโดรเจน พลังงานที่ใช้ในการผลิตถือว่าเป็นศูนย์ และในอนาคตอาจมีการวิจัยอย่างจริงจังในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยวิธีนี้ให้ได้ปริมาณมากได้

งานวิจัยนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิส โดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยมีอนุภาคนาโนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเล ด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิสโดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 โดยมีอนุภาคนาโนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

หาเงื่อนไขของการเกิดไฮโดรเจนเพื่อให้มีปริมาณมากที่สุด โดยการฉายรังสีน้ำทะเลด้วยโคบอลต์-60 จากตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 50 kGy – 100 kGy
2. มีการเติม และไม่เติมอนุภาคนาโนที่ปริมาณต่างๆ

โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิคที่เหมาะสม เช่น Gas Chromatography

1.4 ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษา ค้นคว้าทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ดำเนินการจัดหาน้ำทะเล, อนุภาคนาโน และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น
3. ออกแบบระบบทดลองที่ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซทั้งก่อนฉายรังสี ระหว่างฉายรังสี และหลังจากการฉายรังสี
4. ทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในแต่ละครั้งของการทดลองคือ
 - ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 50 kGy – 100 kGy
 - การเติม และไม่เติมอนุภาคนาโนที่ปริมาณต่างๆ
5. ตรวจวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนด้วยวิธีที่เหมาะสม
6. สรุปผลการทดลอง และเขียนรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเล ด้วยกระบวนการเวดิโอไลซิสโดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60

1.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 ในปี 2002 D.W.Vinson, R.W.Deible and R.L.Sindelar^[1] ได้ทำการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนด้วยรังสีแกมมา และแอลฟาจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้ว โดยการควบคุมพลังงานรังสี, คุณสมบัติของน้ำ, การกระจายตัวของก๊าซ และเงื่อนไขทางกายภาพ (เช่น อุณหภูมิ และความดัน) ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า หากใช้น้ำกลั่นบริสุทธิ์แล้ว (น้ำกลั่นบริสุทธิ์ที่ผลิตจาก Savannah River Site) รังสีแกมมาไม่สามารถทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำ ส่งผลให้ผลิตก๊าซไฮโดรเจนไม่ได้

1.6.2 ในปี 2002 J.A.Laverne and L.Tandon^[2] ได้ทำการทดลองผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากกระบวนการ Radiolysis ของน้ำ โดยใช้ผิวเซอร์รามิกออกไซด์ (ZrO_2 และ CeO_2) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของการฉายรังสีผ่านน้ำ พบว่าส่งผลให้ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจน (G value) ของเซอร์รามิกออกไซด์ ZrO_2 มากกว่า CeO_2 ถึง 6 เท่า และมากกว่าไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ถึง 18 เท่า

1.6.3 ในปี 2001 S.Seino, T.A.Yamamoto, R.Fujimoto, K.Hashimoto, M.Kashura, S.Okuda and K.Okitsu^[3] ระบุถึงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีอนุภาคนาโนอยู่ในน้ำและฉายรังสีน้ำด้วยรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ที่อุณหภูมิห้อง ($25^{\circ}C$) โดยอนุภาคนาโนที่ใช้คือ TiO_2 และ Al_2O_3 สรุปว่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคที่จับเป็นกลุ่มก้อนกันอยู่ โดยที่ไม่ขึ้นอยู่กับขนาด และองค์ประกอบทางเคมีของ อนุภาคนาโนที่ผสมลงไป ในน้ำในตอนเริ่มต้น

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซไฮโดรเจน

ไฮโดรเจนเป็นธาตุในตารางธาตุ มีสัญลักษณ์คือ H และมีเลขอะตอมเท่ากับ 1 ที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศมาตรฐาน (STP) ไฮโดรเจนอยู่ในสถานะก๊าซ เป็นอโลหะ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟง่าย และมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุด (valence electron) ตัวเดียว ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุด มีแรงยึดเหนี่ยวภายในของโมเลกุล (binding energy) เท่ากับ 436 kJ/mol ดังนั้นเมื่อต้องการให้โมเลกุลของไฮโดรเจนทำปฏิกิริยา ต้องใช้พลังงานเพื่อทำลายแรงยึดเหนี่ยวภายในของโมเลกุลดังกล่าว เช่น การเพิ่มอุณหภูมิ ใช้สารเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น ไฮโดรเจนอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ภายในนิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอน และนิวตรอน โดยที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนอก เหมือนธาตุอื่นๆ ไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทปขึ้นอยู่กับจำนวนนิวตรอนที่ต่างกัน ดังนี้

1. ไฮโดรเจน (Hydrogen) มีจำนวนโปรตอน 1 ตัว มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 1.0078 amu
2. ดิวเทอเรียม (Deuterium) มีจำนวนโปรตอน 1 ตัว จำนวนนิวตรอน 1 ตัว มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 2.0141 amu
3. ทริเทียม (Tritium) มีจำนวนโปรตอน 1 ตัว จำนวนนิวตรอน 2 ตัว มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 3.0161 amu

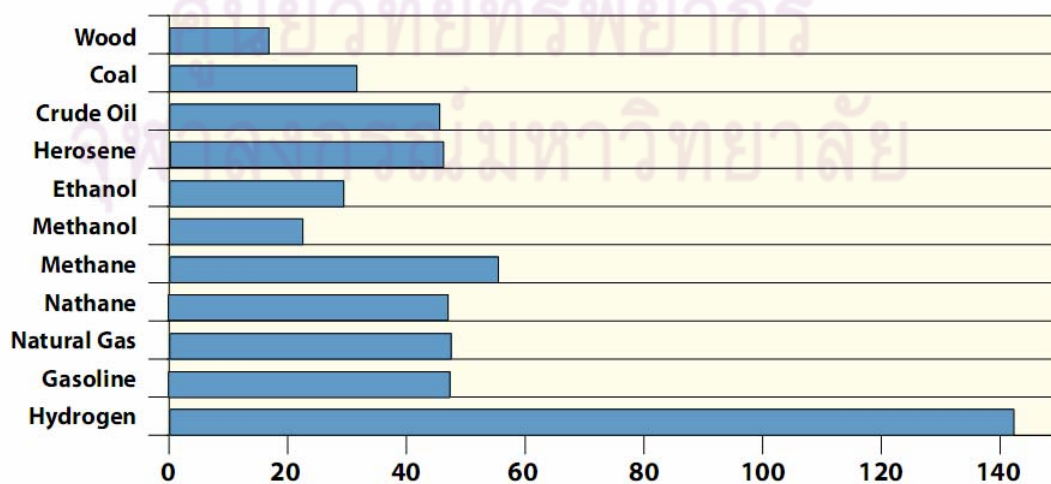
ไฮโดรเจนสามารถมีได้ทั้ง 3 สถานะ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางด้านความดันและอุณหภูมิ ไฮโดรเจนที่อยู่ในสถานะของแข็ง จะมีโครงสร้างผลึกเป็น 6 เหลี่ยม มีปริมาตรเป็น 22.56 cm³/mol ไม่มีสี ไฮโดรเจนที่อยู่ในสถานะของเหลวจะมีค่าความหนืด (Viscosity) ต่ำ ไม่มีสี ส่วนไฮโดรเจนที่อยู่ในสถานะก๊าซ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ มีมวล 0.0898 กรัมในปริมาตร 1 ลิตร

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในภาคคมนาคมและขนส่งสูงที่สุด และมากกว่าร้อยละ 90 ของพลังงานที่ใช้ในภาคคมนาคมและขนส่งนี้ได้มาจากการนำเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เผาไหม้จากยานพาหนะต่างๆ ยังมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ๆ ที่มีการจราจรแออัด เช่น กรุงเทพมหานคร แนวทางการแก้ไขปัญหาพลังงานและสิ่งแวดล้อมประการหนึ่ง คือ การเปลี่ยนไปใช้รถเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง เพราะไม่ก่อให้เกิดมลพิษ รวมทั้งพลังงานทดแทน เช่น วัสดุชีวมวล ก๊าซชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น

ในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เยอรมัน ได้มีการวิจัยและพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงจนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เทียบเท่ารถยนต์สันดาปภายในแล้ว แต่ยังมีราคาสูงอยู่ อย่างไรก็ตาม เป็นที่คาดกันว่าภายในระยะเวลาอันใกล้นี้ เซลล์เชื้อเพลิงจะมีต้นทุนการผลิตลดลงและสามารถแข่งขันในตลาดได้ ในประเทศไทยมีกลุ่มนักวิจัยจากหลายมหาวิทยาลัยให้ความสนใจการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงจนสามารถสร้างประกอบและสาธิตการใช้งานขนาดเล็กๆ ได้แล้ว โดยที่การพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมรถยนต์และการใช้พลังงานของประเทศ ดังนั้นการศึกษาแนวทางการพัฒนาใช้เทคโนโลยีดังกล่าว รวมถึงการสร้างประกอบ และสาธิตรถเซลล์เชื้อเพลิง เพื่อเผยแพร่สู่ประชาชนทั่วไป จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการผลิตและสนับสนุนให้มีการใช้รถเซลล์เชื้อเพลิงต่อไปในอนาคต

พลังงานไฮโดรเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานแบบเดิมได้ เพราะประโยชน์ด้านต่างๆ โดยสรุปดังนี้

1. เป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก
2. พลังงานไฮโดรเจนไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ
3. พลังงานไฮโดรเจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องใช้พลังงานแบบเดิมได้ เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับครัวเรือน เครื่องยนต์สันดาปภายใน เครื่องกังหัน และเครื่องไอพ่น
4. ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จากไฮโดรเจน จะมากกว่าค่าพลังงานเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนและเชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์
5. ก๊าซไฮโดรเจนสามารถนำไปใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า ซึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนาและคาดว่าจะนำมาใช้อย่างกว้างขวาง



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบค่าพลังงานของเชื้อเพลิงต่างๆ (MJ/kg)

ปัญหาหลักของการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ คือเรื่องการกักเก็บ ซึ่งเป็นไปได้ยากที่จะเก็บในถังขนาดเล็ก เช่นเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิง หรือก๊าซธรรมชาติ (Compressed natural gas, CNG) ทางเลือกหนึ่งที่สามารถเก็บไฮโดรเจนได้อย่างปลอดภัย คือการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ มีความดันสูง หรืออยู่ในรูปสารประกอบทางเคมี เช่น ไฮไดรด์ (Hydride) แม้จะมีปัญหาในเรื่องของการเติมเชื้อเพลิงให้กับรถยนต์ที่ไม่สามารถเติมได้โดยตรง ปัจจุบันเทคโนโลยีหลักที่ใช้อยู่ คือการใช้ถังอัดความดันสูงที่ 345 เท่าของความดันบรรยากาศ (34.5 MPa, 5000 psi) และมีปริมาตร 10 เท่าของถังน้ำมัน ข้อจำกัดในเรื่องการอัดความดันและน้ำหนักของถังบรรจุยังคงเป็นปัญหาในการใช้งานจริง เพราะมีน้ำหนักรวมกันมากกว่าน้ำหนักของเชื้อเพลิงไฮโดรเจนถึง 50 เท่า ซึ่งเป้าหมายในปี ค.ศ. 2010 คาดว่าจะพัฒนาจนมีน้ำหนักลดลงเหลือ 20 เท่า

การเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในรูปของเชื้อเพลิงไฮไดรด์ โดยทำให้อยู่ในรูป Sodium borohydride (NaBH_4) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงความหนาแน่นสูง (High energy density) เมื่อถูกเร่งปฏิกิริยา จะปล่อยไฮโดรเจนออกมา เหลือเฉพาะบอเรต (NaBO_2) ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์เชื้อเพลิงของไฮโดรเจนนั้น คาดว่าจะออกสู่ตลาดได้อย่างเร็วหลังจากปี ค.ศ. 2010 ไปแล้ว

2.2 กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

ในปัจจุบันก๊าซไฮโดรเจนผลิตได้จากวัตถุดิบสองแหล่งหลัก คือ เชื้อเพลิงฟอสซิล จำพวกก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน และเชื้อเพลิงจากพลังงานหมุนเวียน เช่น ชีวมวล และน้ำ เทคโนโลยีหลักในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนแบ่งได้เป็น 3 เทคโนโลยี ได้แก่

1. Thermal Process เป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนกับแหล่งพลังงาน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล เชื้อเพลิงเหลว เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไฮโดรเจน เช่น Reforming Gasification และ Partial Oxidation High-temperature Water Splitting

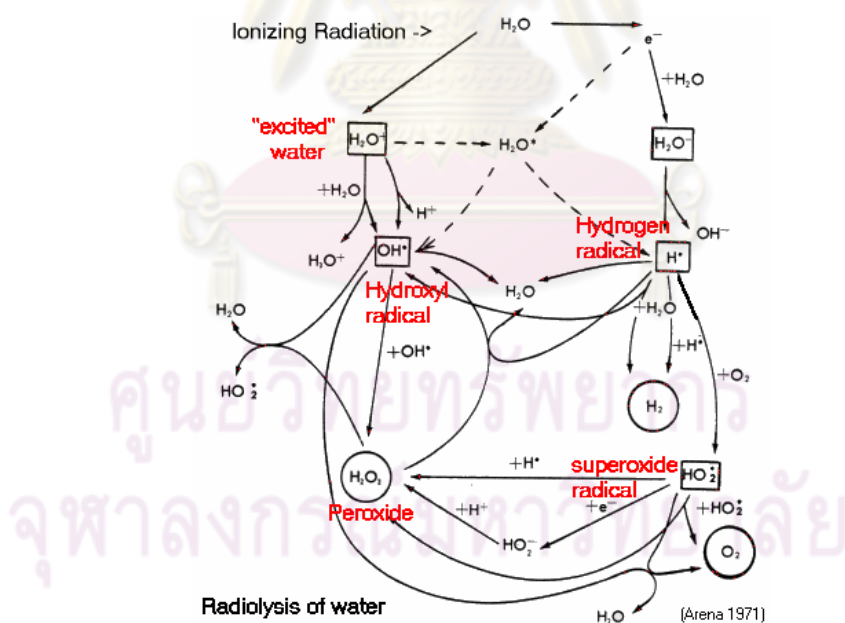
2. Electrolytic Process เป็นกระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า โดยการปล่อยไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เข้ากับแผ่นโลหะสองแผ่น แล้วจุ่มลงในน้ำโดยไม่ให้โลหะทั้งสองสัมผัสกันโดยตรง ก๊าซไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นที่ขั้วลบ (Cathode) ส่วนออกซิเจนจะเกิดขึ้นที่ขั้วบวก (Anode) โดยก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

3. Photolytic Process เป็นกระบวนการแยกน้ำให้อยู่ในรูปของไฮโดรเจนและออกซิเจนโดยใช้พลังงานแสงเช่น Photobiological Water Splitting และ Photoelectrochemical Water Splitting โดยปัจจุบันการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในเชิงพาณิชย์ ส่วนใหญ่ผลิตจากก๊าซธรรมชาติโดยวิธี Steam Reforming เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ถูกที่สุด

2.3 กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลด้วยกระบวนการฉายรังสี (Radiolysis process)

กระบวนการเรดิโอไลซิส (Radiolysis) คือ การสลายตัวของโมเลกุลโดยการฉายรังสี การแยกตัวของพันธะเคมีที่ทำให้โมเลกุลนั้นอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น (excited state) หรือการแตกตัวเป็นไอออน เป็นผลจากการฉายรังสีที่พลังงานสูง เช่น การแตกตัวของน้ำภายใต้การแผ่รังสีของอัลฟา (Alpha) กลายเป็นไฮโดรเจน (Hydrogen) และออกซิเจน (Oxygen) คุณสมบัติทางเคมีของสารละลายภายใต้การแผ่รังสีที่มีประจุมี่ความซับซ้อนมาก การเรดิโอไลซิสสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของการ Redox (Redox คือ การถ่ายเทอิเล็กตรอนเป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำให้เลข Oxidation ของธาตุเปลี่ยนไป) ดังนั้นขึ้นอยู่กับชนิด และความเข้มข้นของสารละลาย

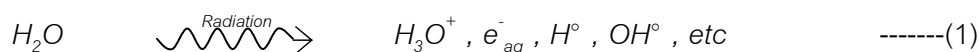
รังสีถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของวัสดุหรือธาตุ ซึ่งน้ำทะเลก็สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลได้เช่นกัน เมื่อน้ำทะเลถูกฉายด้วยรังสีแกมมา (γ) โมเลกุลของน้ำทะเลจะถูกกระตุ้น ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ หลังจากการถูกกระตุ้นด้วยรังสี พันธะเคมีของน้ำทะเลจะถูกแยกออกจากกัน เกิดการสลายตัวเป็นอนุมูลอิสระ (Free radicals)



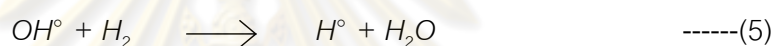
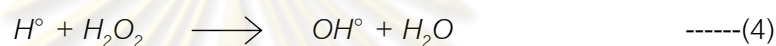
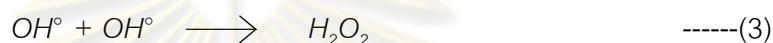
รูปที่ 2.2 การใช้รังสีในการสลายโมเลกุลของน้ำ (Water Radiolysis)

กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนมีความซับซ้อนมากในการสลายโมเลกุลของน้ำ การรวมตัวของโมเลกุลกลับไปเป็นน้ำ (ปฏิกิริยาย้อนกลับ) ปฏิกิริยาเคมีในการสลายตัวของสาร

ผลิตภัณฑ์เป็นไฮโดรเจน (Hydrogen, H) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H₂O₂) อนุมูลไฮโดรเจน (Hydrogen radicals, H°) อนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl radicals, OH°) อนุมูลไฮโดรเปอร์ออกซิล (Hydroperoxyl radicals, HO₂°) และอนุมูลอิสระอื่นอีกมากมาย ปฏิริยาตั้งต้นสำหรับการใช้รังสีในการสลายโมเลกุลของน้ำมีดังนี้



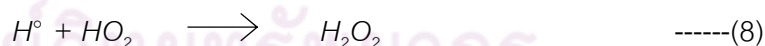
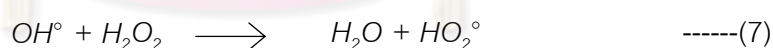
อนุมูลอิสระของปฏิริยาตั้งต้น (1) ก็สามารถทำปฏิริยากันเองได้



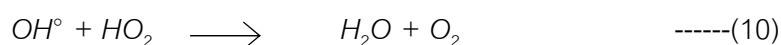
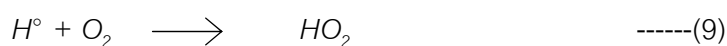
ผลรวมของปฏิริยา (4) และ (5) จะได้



ซึ่งปฏิริยานี้เป็นกระบวนการย้อนกลับ กลายเป็นน้ำอีกครั้งหนึ่ง เช่นเดียวกับกับอนุมูลอิสระของ H, OH ที่มีการเกิดปฏิริยาร่วมด้วย



กับ



ผลรวมของปฏิริยา (7) และ (8) หรือ (9) และ (10) จะได้



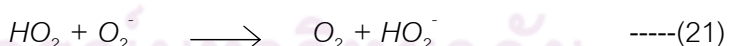
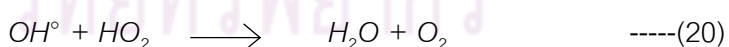
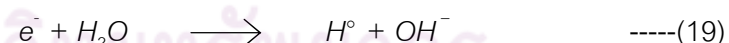
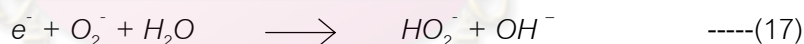
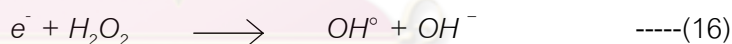
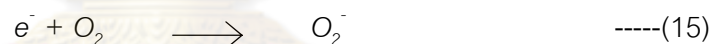
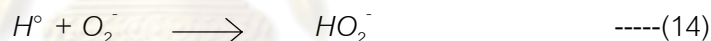
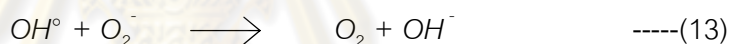
ส่งผลให้กระบวนการนี้เป็นการลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้น้อยลง ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสลายโมเลกุล ต้องกำจัดอนุมูลอิสระของ H และ OH ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (4-6)

ในการเกิดโมเลกุลของน้ำจะต้องใช้ ไฮโดรเจน 2 โมล รวมกับ ออกซิเจน 1 โมล จึงได้โมเลกุลของน้ำ 2 โมล ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนอย่างนี้ตลอดไป องค์ประกอบของปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยา (4-6) ที่สมบูรณ์ คือ



ปฏิกิริยานี้ได้รับอิทธิพลจากการใช้รังสีในการสลายโมเลกุล และความร้อนเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา

ตัวอย่างของปฏิกิริยาที่ซับซ้อนของการสลายตัว และการรวมตัว เนื่องจากการใช้รังสีในการสลายโมเลกุลของน้ำ คือ



สมการดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ Radiolysis ซึ่งได้นำมาแสดงเพียงแคบบางส่วนที่สำคัญเท่านั้น

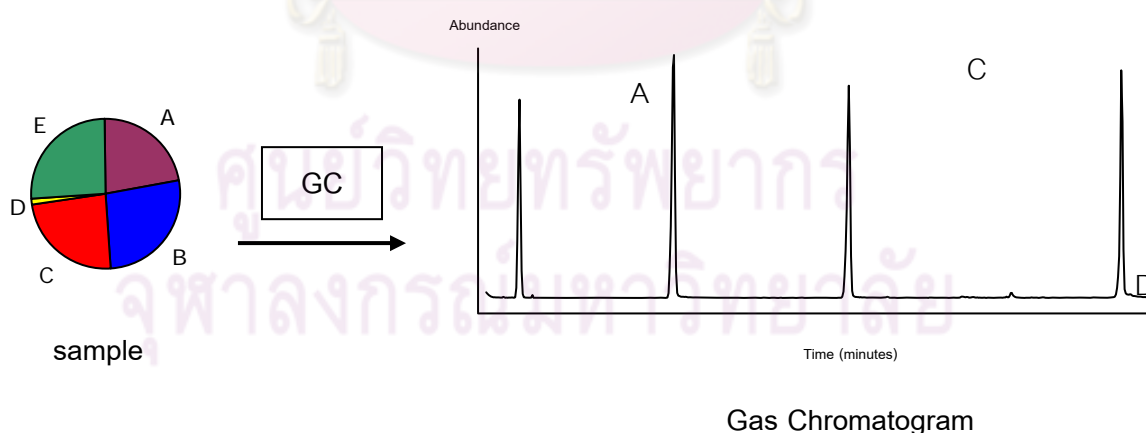
2.4 ก๊าซโครมาโตกราฟี Gas Chromatography (GC)

ก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) เป็นเทคนิคการแยกสารผสมออกจากกัน โดยอาศัยหลักการที่ว่า สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายและถูกดูดซับต่างกัน จึงทำให้สารแต่ละชนิดแยกออกจากกันได้

2.4.1 หลักการก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)

ก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) เป็นเทคนิคการแยกสารตัวอย่างที่เป็นสารผสมออกจากกัน โดยเปลี่ยนสารผสมให้เป็นไอที่อุณหภูมิหนึ่ง ตัวอย่างที่จะนำเข้าสู่ระบบจะต้องสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ และมีความเสถียรเมื่อถูกความร้อน ตัวอย่างที่เป็นไอจะถูกพาด้วยก๊าซเฉื่อย (mobile phase) ไปยังคอลัมน์ (stationary phase) เพื่อทำการแยกองค์ประกอบของสารผสมที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ และการกระจายตัวฝ่ายเฟสเคลื่อนที่ต่างกันจะแยกออกจากกัน สารที่แยกได้จะถูกบันทึกเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ในการวิเคราะห์ สารผสมตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าที่ sample injection port สารผสมรับความร้อนจากเครื่องจนกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยเฟสเคลื่อนที่ องค์ประกอบของสารผสมจะแยกออกจากกันเมื่อเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์และถูกตรวจวัดโดย detector สัญญาณการตรวจวัดที่ได้จาก detector จะถูกบันทึก และแสดงออกมาในรูปของ chromatogram



รูปที่ 2.3 หลักการก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)

2.4.2 ชนิดของก๊าซโครมาโตกราฟี

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามชนิดของ stationary phase ดังนี้

1. Gas-Liquid : stationary phase เป็นของเหลวที่ถูกลดความดันและอุณหภูมิของแข็ง
2. Gas-Solid : stationary phase เป็นของแข็ง มักใช้วิเคราะห์ atmospheric gases (O_2 , N_2 , Ar, CO_2 , H_2S , CO)
3. Gas-Bonded Phase : stationary phase เป็นสารอินทรีย์ที่สร้างพันธะกับพื้นผิวของแข็ง

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกสาร

2.4.3.1 อัตราการไหลของ carrier gas (mobile phase)

2.4.3.2 อุณหภูมิที่สารตัวอย่างจะระเหยเป็นไอ

2.4.3.3 Polarity ของคอลัมน์

2.4.3.4 ชนิดของ detector

2.4.4 อุปกรณ์เครื่อง Gas chromatography

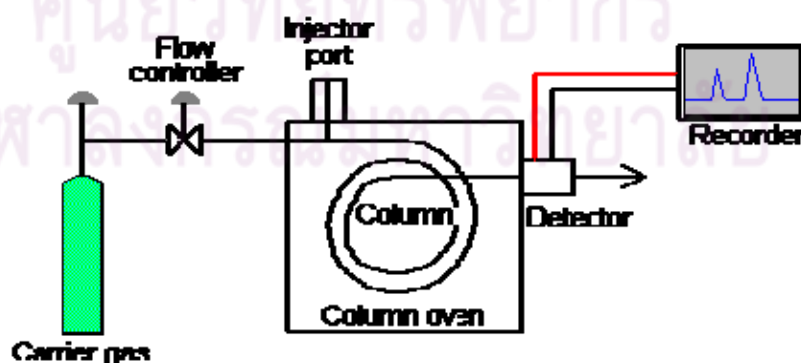
2.4.4.1 Carrier Gas (mobile phase)

2.4.4.2 Sample Injection System

2.4.4.3 Chromatographic Column

2.4.4.4 Oven

2.4.4.5 Detector และ Recorder



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่อง Gas chromatography

2.4.4.1 Carrier Gas

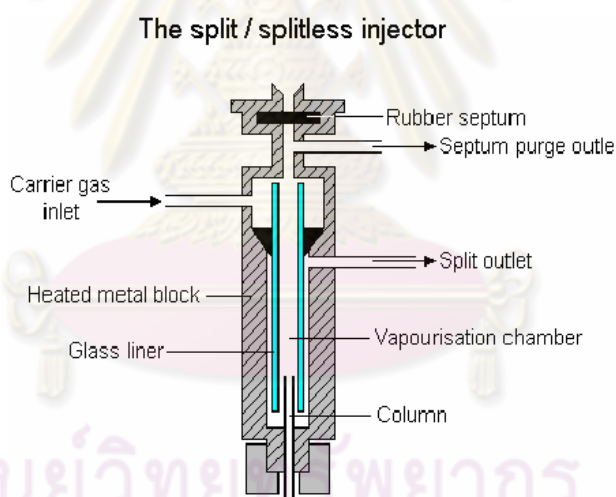
Carrier gas ที่ใช้เป็น mobile phase นั้นต้องเป็นก๊าซเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยา ได้แก่ nitrogen, helium, argon และ carbon dioxide การเลือกชนิดของก๊าซจะขึ้นอยู่กับชนิดของ detector ที่ใช้

2.4.4.2 Sample Injection System

2.4.4.2.1 การนำสารเข้าสู่ระบบจะใช้การฉีด Effects band broadening คุณหมุมิของ Injector จะสูงกว่าใน oven ประมาณ 50 °C สารตัวอย่างจะถูกทำให้เป็นไอ และส่งผ่านสู่ chamber

2.4.4.2.2 ปริมาณสารที่ฉีดเข้าสู่ระบบ

- Capillary columns ~ 1 μ L
- Packed columns 1-20 μ L



รูปที่ 2.5 Sample Injection System

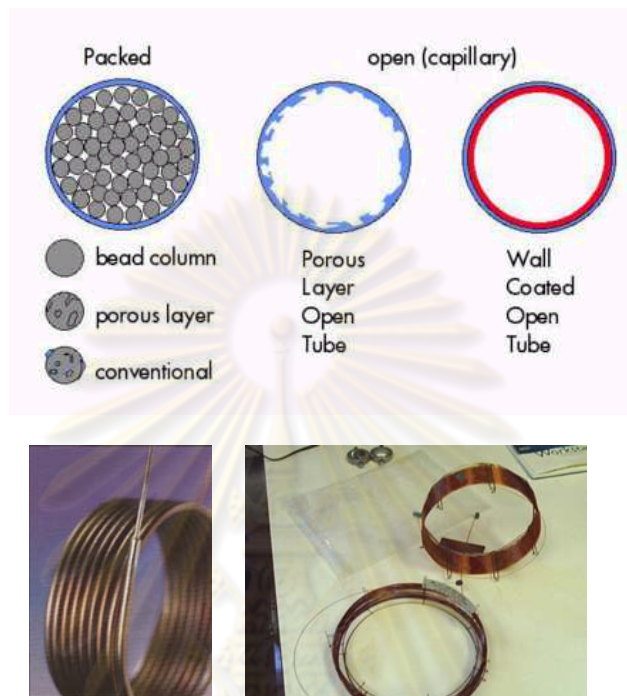
2.4.4.3 Chromatographic Column

แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. packed column ประกอบไปด้วย solid material ที่เฉื่อยมีความละเอียด (โดยปกติใช้ diatomaceous earth) เคลือบด้วย stationary phase ความยาวของ packed column จะอยู่ประมาณ 1.5-10 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-4 มิลลิเมตร

2. capillary column เส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ประกอบไปด้วย wall coated open tubular จะเคลือบผนังภายในด้วย liquid stationary phase

และ support coated tubular เคลือบผนังภายในด้วย solid stationary phase ประสิทธิภาพของคอลัมน์สองชนิดนี้ดีกว่า packed column



รูปที่ 2.6 Chromatographic Column

2.4.4.4 Oven

จะเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ เพื่อให้ได้ผลที่มีความแม่นยำ การควบคุมอุณหภูมิจะต้องมีความละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส การตั้งค่าอุณหภูมินั้นจะขึ้นอยู่กับจุดเดือดของตัวอย่าง โดยปกติแล้วอุณหภูมิคอลัมน์จะถูกตั้งไว้สูงกว่าจุดเดือดของตัวอย่าง ขณะที่ตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่าน stationary phase อุณหภูมิต่ำจะให้ค่า resolution ดี แต่ใช้เวลาในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้น ถ้าสารประกอบแต่ละชนิดในตัวอย่างมีจุดเดือดใกล้เคียงกัน จะตั้งค่าอุณหภูมิเพียงค่าเดียว (isothermal) ถ้าสารประกอบแต่ละชนิดในตัวอย่างมีจุดเดือดช่วงกว้าง จะใช้ temperature program ในการแยกสาร คือ อุณหภูมิของคอลัมน์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งการแยกเสร็จสิ้น

2.4.4.5 Detector และ Recorder

Detector ที่ใช้ในวิธี GC ขึ้นอยู่กับความจำเพาะของตัวอย่าง

- non-selective detector ใช้ได้กว้างขวาง

- selective detector จะใช้กับสารประกอบต่าง ๆ ที่คุณสมบัติทางเคมี

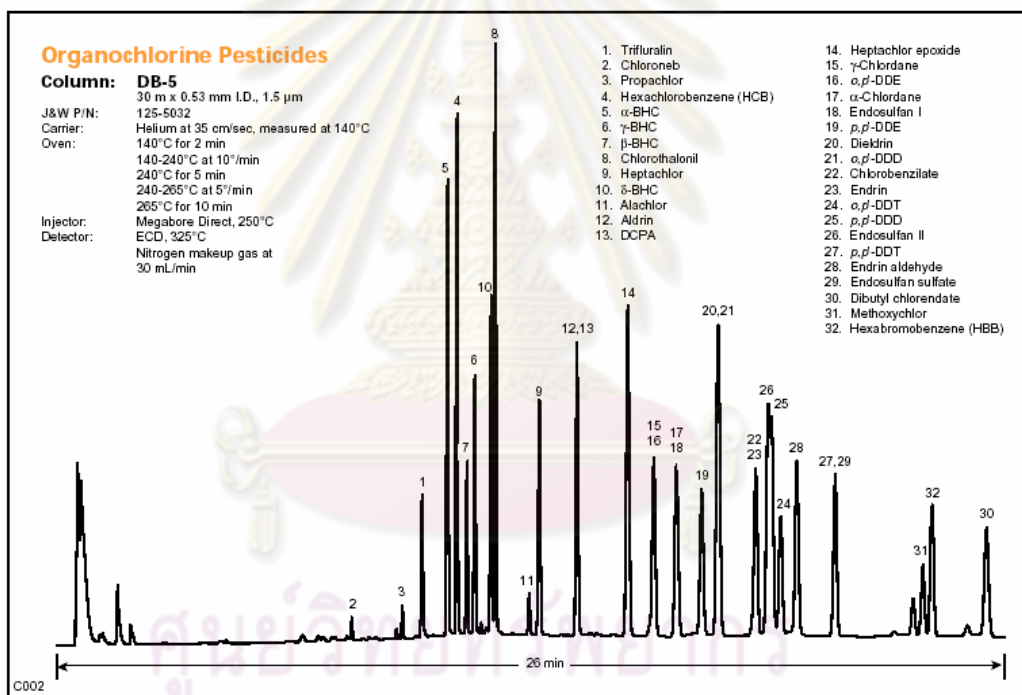
หรือกายภาพเหมาะสมกับ detector นั้นๆ

- specific detector จะเหมาะกับสารประกอบตัวที่สนใจเท่านั้น

เมื่อสารถูกแยกและทำการวิเคราะห์แล้ว หน่วยประมวลผลจะแสดงผล

การวิเคราะห์ออกมาในรูป gas chromatogram ซึ่งจะแสดง % abundance และ retention time

และเครื่องสามารถวิเคราะห์หาความสูง peak และพื้นที่ใต้ peak เพื่อเปรียบเทียบปริมาณ



รูปที่ 2.7 การแยก peak ของสารแต่ละชนิด

2.5 การประยุกต์ใช้ Gas chromatography

2.5.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification)

วิธีพิสูจน์เอกลักษณ์ทำได้โดย นำสารมาตรฐาน (Reference compound) กับสารที่สงสัย มาตรวจวัดด้วยเครื่องมือเดียวกัน การเตรียมแบบเดียวกัน สภาพแวดล้อมเหมือนกัน ถ้าสารที่สงสัยให้ peak ที่ retention time เดียวกับสารมาตรฐาน ก็แสดงว่าสารที่สงสัยเป็นสารชนิดเดียวกับสารมาตรฐาน

2.5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ (Quantitative analysis)

โดยการวิเคราะห์พื้นที่ใต้ peak ของสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐาน

2.5.3 วิเคราะห์หาองค์ประกอบสาร

โดยการเข้าร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น ใช้ Mass spectrometer เป็น detector จะบอกได้ว่าสารตัวอย่างประกอบด้วยสารใดบ้าง (เปรียบเทียบสารมาตรฐานหรือ library search)

2.6 น้ำทะเล (seawater)

น้ำทะเล หมายถึง น้ำที่อยู่ในทะเลหรือมหาสมุทร ซึ่งโดยปกติแล้วน้ำทะเลในมหาสมุทรทั่วโลกจะมีความเค็มประมาณ 3.5 % (35 ppt ในทุกๆ 1 ลิตร ของน้ำทะเลจะมีเกลือละลายอยู่ 35 กรัม ซึ่งส่วนใหญ่เป็น NaCl หรือ ประมาณ 0.6 M NaCl) ความหนาแน่นของน้ำทะเลมีค่าอยู่ระหว่าง 1.020-1.030 กก./เมตร³ และค่า pH อยู่ระหว่าง 7.5-8.4

2.6.1 องค์ประกอบของน้ำทะเล

2.6.1.1 Solids (does not pass through 0.45um filter)

- a. particulate organic material (plant detritus)
- b. particulate inorganic material (minerals)

2.6.1.2 Gases

- a. conservative (N₂, Ar, Xe)
- b. nonconservatives (O₂, CO₂)

2.6.1.3 Colloids (pass through 0.45um filter, not dissolved)

- a. organic
- b. inorganic

2.6.1.4 Dissolved solutes

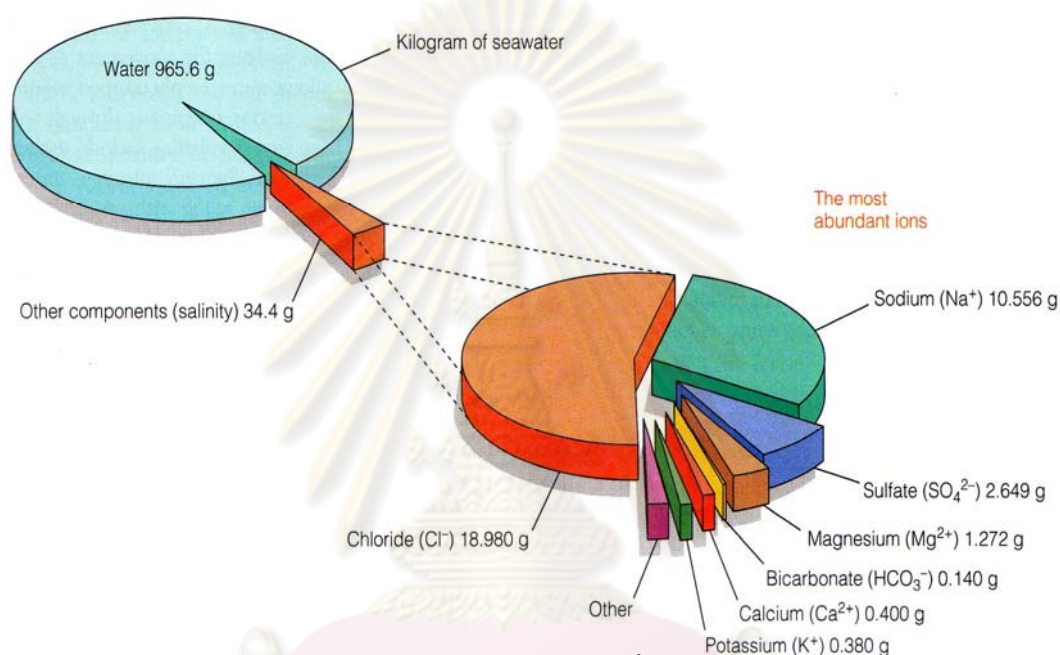
- a. inorganic solutes (major: >1 ppm, minor:<1 ppm)
- b. organic solutes

2.6.2 แร่ธาตุสำคัญในน้ำทะเล

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในน้ำทะเลมีมากกว่า 70 ธาตุ แต่มีธาตุสำคัญเพียง 6 ชนิดเท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบมากกว่า 99% ได้แก่

1. คลอไรด์ (Chloride, Cl) : 55.04 wt%

2. โซเดียม (Sodium, Na) : 30.61 wt%
3. ซัลเฟต (Sulphate, SO_4) : 7.68 wt%
4. แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) : 3.69 wt%
5. แคลเซียม (Calcium, Ca) : 1.16 wt%
6. โพแทสเซียม (Potassium, K) : 1.10 wt%



รูปที่ 2.8 แร่ธาตุต่างในน้ำทะเล

2.6.3 การละลายของออกซิเจนในน้ำทะเล (Dissolved oxygen, DO)

อากาศบนพื้นโลกประกอบไปด้วย N_2 (78%) O_2 (21%) CO_2 (0.03%) และอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เพราะต้องถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน กระบวนการที่ต้องการออกซิเจน เรียกว่า aerobic process ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ การละลายขึ้นอยู่กับ Partial pressure และอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะมากหรือน้อยกว่าปริมาณอิ่มตัวของออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำ เช่น ถ้ามีการสังเคราะห์แสงมากจะมีปริมาณออกซิเจนในน้ำสูง มีการละลายดีขึ้นถ้ามีการสลายตัวของสารอินทรีย์ทำให้ออกซิเจนในน้ำถูกใช้ไป ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลง นอกจากนี้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เช่น การออกซิไดส์ของ Fe^{2+} , Mn^{2+} , S^{2-} ในน้ำ เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ความสำคัญของการละลายของออกซิเจนในน้ำทะเล มีดังนี้

1. DO ในน้ำเสียเป็นตัวชี้ว่าปฏิกิริยาทางชีวภาพที่เกิดขึ้น จะเกิดโดย aerobic หรือ anaerobic organism
2. DO มีความสำคัญในการรักษาสถานะของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลา และสัตว์น้ำอื่น คือ ให้มี DO ในปริมาณพอเหมาะ เช่น ไม่น้อยกว่า 5 mg/l
3. ค่า DO เป็นพื้นฐานของค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) เพื่อหาค่าคงที่ของน้ำเสีย และอัตราของการออกซิเดชัน ซึ่งวัดได้โดยการหาค่า DO ที่เหลือ ณ เวลาต่างๆ
4. ค่า DO เป็นแฟคเตอร์สำคัญในการควบคุมการกักตัวของเหล็ก โดยเฉพาะในท่อประปา
5. ค่า DO ช่วยในการควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาใน aerobic treatment process เพื่อให้แน่ใจว่ามีออกซิเจนพอที่จะรักษาสถานะ aerobic ไว้ได้ และยังป้องกันการใช้ออกซิเจนมากเกินไป

2.6.4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำทะเล (DO)

- 2.6.4.1 ปริมาตรและอัตราเร็วของการไหลของน้ำที่มาลงสู่แหล่งน้ำ
น้ำที่ไหลแรงๆ จะมีออกซิเจนมากกว่าน้ำที่ไหลเอื่อยๆ
- 2.6.4.2 สภาพอากาศและฤดูกาล
ออกซิเจนจะละลายในน้ำเย็นได้ดีกว่าในน้ำร้อน ในฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อน และในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง
- 2.6.4.3 ชนิดและปริมาณสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ
น้ำที่มีพืชน้ำอาศัยอยู่มากกว่าจะมีออกซิเจนละลายอยู่มากกว่าน้ำที่มีสัตว์น้ำ หรือมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่
- 2.6.4.4 ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล
ออกซิเจนละลายได้ดีในน้ำที่อยู่ระดับต่ำกว่าน้ำทะเล มากกว่าที่ระดับสูงกว่าน้ำทะเล ทั้งนี้เนื่องจากมี atmospheric pressure สูงกว่า
- 2.6.4.5 ของแข็งที่ละลายหรือลอยอยู่ในน้ำ
ออกซิเจนละลายได้ในน้ำจืดมากกว่าน้ำทะเล
- 2.6.4.6 ปริมาณขยะอินทรีย์
ถ้ามีปริมาณของ organic waste มาก ก็จะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของพวกจุลินทรีย์ เมื่อมีปริมาณจุลินทรีย์มาก มีผลให้ความเข้มข้นของ DO ลดลง

2.6.4.7 การไหลมาผสมของน้ำใต้ดิน

ปกติน้ำใต้ดินจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำ แต่เนื่องจากน้ำมีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นออกซิเจนจึงละลายได้ดี ดังนั้นเมื่อน้ำใต้ดินมาผสมในระยะแรกจะทำให้ปริมาณ DO ลดลง แต่ต่อมาเมื่อออกซิเจนละลายได้ในน้ำเย็นดีขึ้นจะทำให้ปริมาณ DO เพิ่มขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการออกแบบ

3.1.1 การออกแบบระบบทดลอง

ระบบทดลองที่ใช้วางภาชนะบรรจุน้ำทะเลเพื่อทำการฉายรังสีในระหว่างการทดลอง มีคุณสมบัติดังนี้

1. ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ
2. ทนต่อรังสีแกมมา
3. ทนต่อการกัดกร่อนของไอโซนที่เกิดขึ้นขณะฉายรังสี
4. ทนต่ออุณหภูมิสูง
5. สามารถเก็บก๊าซตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ได้

ลักษณะของระบบทดลองที่ใช้วางภาชนะบรรจุน้ำทะเลเพื่อทำการฉายรังสี เป็นภาชนะทรงกระบอกทำมาจากสแตนเลส (Stainless steel) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว สูง 10 นิ้ว เพื่อที่จะสามารถบรรจุลงในเครื่องฉายรังสี Gammacell 220 excell ได้ สามารถเปิดฝาด้านบนได้เพื่อวางภาชนะบรรจุน้ำทะเลที่ป้องกันการรั่วไหลของอากาศด้วยยาง (O-ring) มีวาล์ว 2 ตัวที่ทำหน้าที่ไล่อากาศออกก่อนการฉายรังสี และเก็บก๊าซตัวอย่างหลังจากการฉายรังสีเพื่อทำการวิเคราะห์



รูปที่ 3.1 ระบบทดลองที่ใช้วางภาชนะบรรจุน้ำทะเลเพื่อทำการฉายรังสี

3.1.2 การออกแบบวิธีเก็บก๊าซตัวอย่าง

การเก็บก๊าซตัวอย่างหลังจากการฉายรังสีเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างสูง และต้องมั่นใจได้ว่าก๊าซที่เก็บได้เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บก๊าซตัวอย่าง มีดังนี้

3.1.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บก๊าซตัวอย่าง

3.1.2.1.1 ถุงเก็บก๊าซขนาด 1 ลิตร (Sampling bag)

3.1.2.1.2 เข็มฉีดยาขนาด 100 มิลลิลิตร

3.1.2.1.3 ก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูงมาก

3.1.2.1.4 วาล์วควบคุมการไหล (Flow meter)

3.1.2.1.5 อุปกรณ์อุดกันรั่ว (Septum)

3.1.2.1.6 บี้มสุญญากาศ (Vacuum pump)

3.1.2.2 ขั้นตอนการเก็บก๊าซตัวอย่าง โดยละเอียด

3.1.2.2.1 เริ่มต้นก่อนการฉายรังสี ทำการไล่อากาศออกจากระบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการผ่านก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูงมากเข้าไปในระบบ ด้วยอัตราการไหล 25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

3.1.2.2.2 หลังจากการฉายรังสี นำถุงเก็บก๊าซไปสูบอากาศออกให้หมดด้วยบี้มสุญญากาศ จนมั่นใจว่าไม่หลงเหลือก๊าซภายในถุงเก็บก๊าซ

3.1.2.2.3 นำถุงเก็บก๊าซไปเชื่อมต่อกับวาล์วตัวบนของระบบ ด้วยท่อยางที่เชื่อมต่อกับเกลียวทองเหลืองเพื่อบรรจุก๊าซ

3.1.2.2.4 นำเข็มฉีดยาขนาด 100 มิลลิลิตร ไปสูบก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูงมากจนเต็ม แล้วนำไปฉีดเข้าวาล์วด้านล่างที่มีอุปกรณ์อุดกันรั่วติดอยู่เพื่อป้องกันอากาศรั่ว จำนวน 2 รอบ

3.1.2.2.5 ในขณะที่ฉีดก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูงมากเข้าไปในระบบทดลอง ค่อยๆเปิดวาล์วที่ถุงเก็บก๊าซเพื่อรับก๊าซที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสี จนครบ 200 มิลลิลิตร จึงทำการปิดวาล์ว

3.1.2.2.6 นำก๊าซที่ได้จากการฉายรังสีไปตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยเทคนิค Gas chromatography

3.2 ขั้นตอนการฉายรังสีน้ำทะเล

3.2.1 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์

3.2.1.1 น้ำทะเล

3.2.1.2 อนุภาคนาโน (ZrO_2 , TiO_2 , Al_2O_3)

3.2.1.3 เครื่องชั่งมวลสารความละเอียดสูง

3.2.1.4 ระบบทดลองที่ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ

3.2.1.5 ระบบเก็บก๊าซ

3.2.1.6 เครื่องฉายรังสี Gammacell 220 excell

3.2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.2.1 หาปริมาณรังสีที่น้ำทะเลได้รับ โดยการวางระบบทดลองที่ใช้บรรจุน้ำทะเล ตรงตำแหน่งที่กำหนดในเครื่องฉายรังสี Gammacell 220 excell ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยติดเครื่องวัดปริมาณรังสี (Dosimeter) ชนิด Radiochromic film ที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่น้ำทะเลได้รับ



รูปที่ 3.2 เครื่องฉายรังสีแกมมาจาก Co-60 Gammacell 220 excell สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

3.2.2.2 เตรียมน้ำทะเลปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในภาชนะที่เตรียมไว้

3.2.2.3 เตรียมอนุภาคนาโนในปริมาณที่ต้องการ

3.2.2.4 เติมนอนุภาคนาโนลงในน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด แล้วนำไปบรรจุในระบบทดลองที่ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ

3.2.2.5 ตรวจสอบการรั่วไหลของระบบ โดยการอัดก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูงมาก เข้าระบบทดลอง ที่ความดัน 1 บาร์ แล้วนำระบบทดลองไปวางในภาชนะขนาดใหญ่ที่ใส่น้ำ สังเกตระบบทดลองว่ามีรอยรั่ว และฟองอากาศผุดขึ้นมาหรือไม่ ตรวจสอบให้มั่นใจก่อนดำเนินขั้นตอนต่อไป

3.2.2.6 นำระบบทดลองทำการไล่อากาศออกจากระบบโดยการปล่อยก๊าซไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูงมาก ผ่านเข้าสู่ระบบ ด้วยอัตราการไหล 25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าจะมีแต่ก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นมาจริง

3.2.2.7 นำระบบทดลองไปทำการฉายรังสี ที่ปริมาณรังสี 50, 75 และ 100 kGy ตามเงื่อนไขที่กำหนด

3.2.2.8 เก็บก๊าซตัวอย่างไปทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค Gas chromatography

3.2.2.9 เมื่อตรวจวัดก๊าซที่เกิดขึ้นแล้ว ทำซ้ำเงื่อนไขเดิมอีก 1 ครั้ง จนครบตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

3.3 แผนดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 ศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 ดำเนินการเจ็ดหาน้ำทะเล, อนุภาคนาโน และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น

3.3.3 ออกแบบระบบทดลองที่ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซทั้งก่อนฉายรังสี ระหว่างฉายรังสี และหลังจากการฉายรังสี

3.3.4 ทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในแต่ละครั้งของการทดลองคือ

- ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 50 kGy – 100 kGy
- การเติม และไม่เติมอนุภาคนาโนที่ปริมาณต่างๆ

3.3.5 ตรวจวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนด้วยวิธีที่เหมาะสม

3.3.6 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง และเขียนวิทยานิพนธ์

ตารางที่ 3.1 แผนดำเนินการทดลอง

กิจกรรมที่เกิด (ย่อ)	ช่วงเดือนที่จะเกิดกิจกรรม											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น	←→											
2. ออกแบบระบบทดลอง		←→										
3. ทดลองโดยเปลี่ยนตัวแปรในแต่ละครั้งของการทดลอง และวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจน					←→							
4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง											←→	→

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเล ด้วยกระบวนการเรดิโอไลซิส โดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์ - 60 โดยมีตัวแปรที่สนใจศึกษา คือ

1. ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 50 kGy – 100 kGy
2. เงื่อนไขการเติม และไม่เติมอนุภาคนาโนที่ปริมาณต่างๆ

ทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนด้วยเทคนิค Gas chromatography โดยใช้เครื่องยี่ห้อ shimadzu รุ่น 6890 N ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 5% ผลการทดลองที่ได้จากการทำวิจัย มีดังนี้

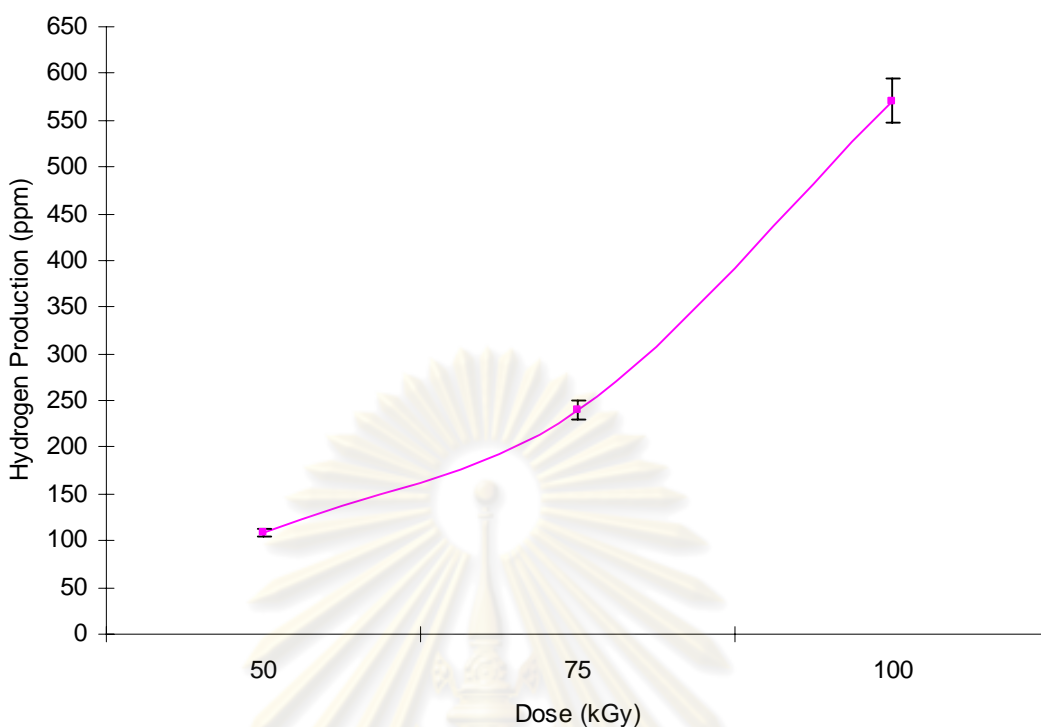
4.1 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลเพียงอย่างเดียวในช่วง 50 kGy – 100 kGy

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 50, 75 และ 100 kGy อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C
(Dose rate = 7.14 kGy/hr)

Dose (kGy)	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
50	110.6	107.5	109.05 ± 10.44
75	238.6	241.8	240.20 ± 15.50
100	573.1	568.6	570.85 ± 23.89

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.1 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

จากการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียวเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณรังสีจาก 50, 75 และ 100 kGy ตามลำดับ

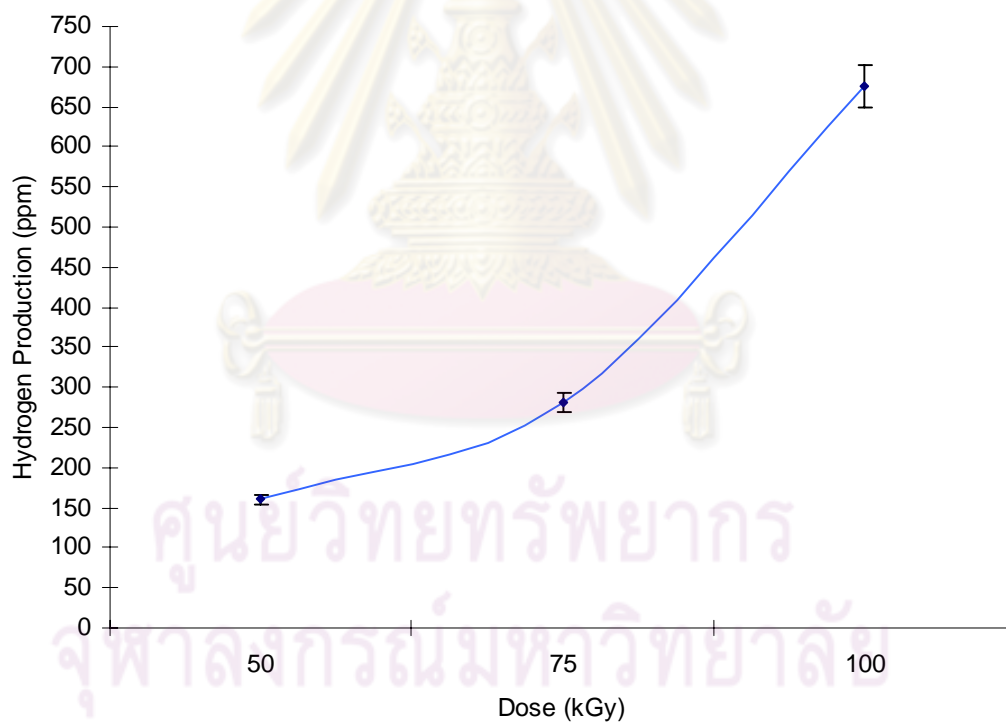
4.2 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 ในช่วง 50 kGy – 100 kGy

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 50, 75 และ 100 kGy อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

Dose (kGy)	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
50	160.9	159.3	160.10 \pm 12.65
75	280.1	282.8	281.20 \pm 16.77
100	674.1	676.8	675.45 \pm 25.99

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

จากการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณรังสีจาก 50, 75 และ 100 kGy ตามลำดับ และปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้มากกว่าการทดลองที่ 4.1 ที่ทำการทดลองฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว

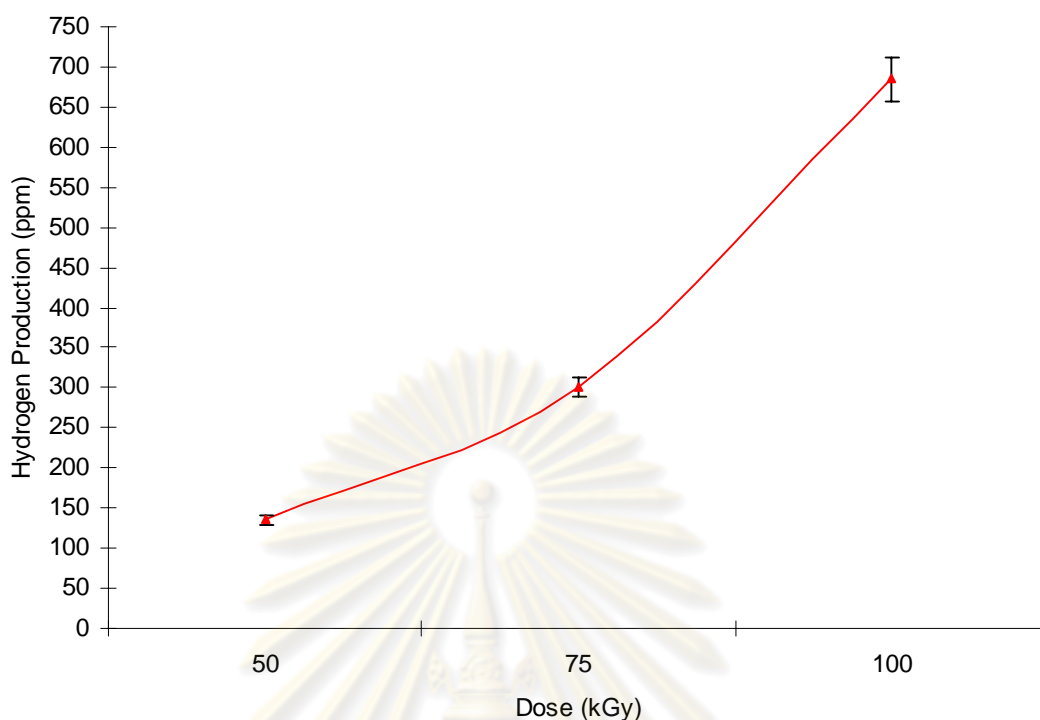
4.3 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 ในช่วง 50 kGy – 100 kGy

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 50, 75 และ 100 kGy อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

Dose (kGy)	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
50	137.1	135.4	136.25 \pm 11.67
75	298.5	301.3	299.90 \pm 17.32
100	683.2	686.7	684.95 \pm 26.17

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.3 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

จากการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณรังสีจาก 50, 75 และ 100 kGy ตามลำดับ ซึ่งปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับการทดลองที่ 4.2 ที่ทำการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม แต่ยังคงมากกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 4.1 ที่ทำการทดลองฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว

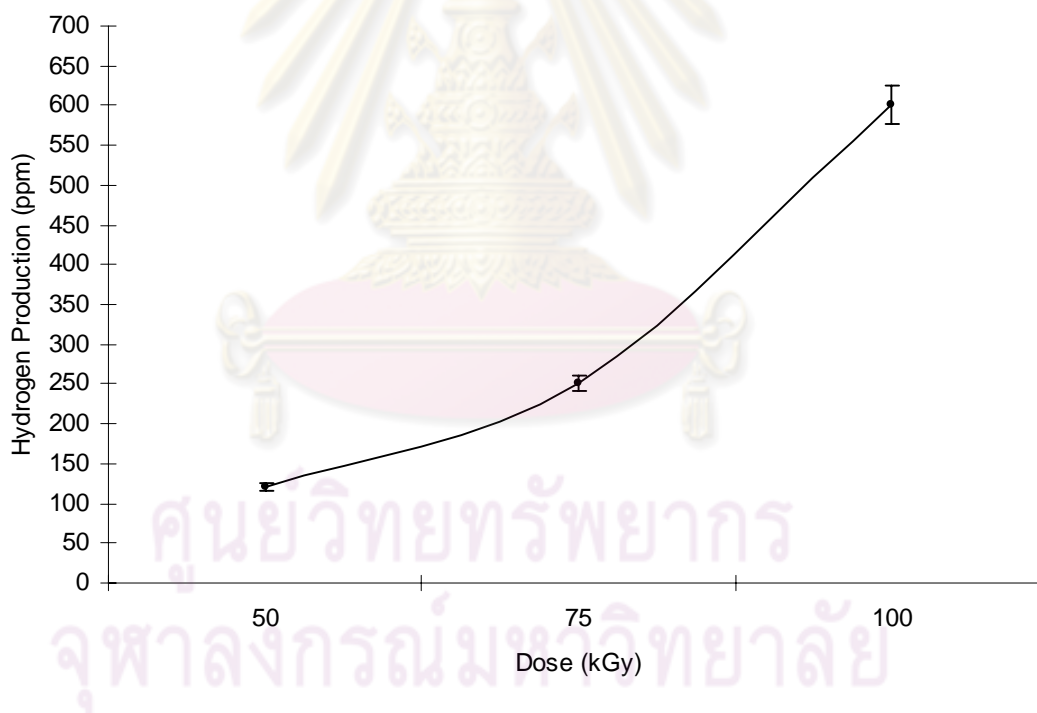
4.4 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 ในช่วง 50 kGy – 100 kGy

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 จำนวน 0.5 กรัม ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 50, 75 และ 100 kGy อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

Dose (kGy)	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
50	119.5	121.1	120.30 \pm 10.97
75	251.3	249.6	250.45 \pm 15.83
100	599.8	601.5	600.65 \pm 24.51

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.4 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 จำนวน 0.5 กรัม ในช่วงปริมาณรังสี 50 kGy ถึง 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

จากการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 จำนวน 0.5 กรัมเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณรังสีจาก 50, 75 และ 100 kGy ตามลำดับ ซึ่งปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นค่อนข้างน้อยกว่าการทดลองที่ 4.2 ที่ทำการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม และการทดลองที่ 4.3 ที่ทำการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม แต่ยังคงมากกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 4.1 ที่ทำการทดลองฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว

สังเกตได้ว่าการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลโดยการฉายรังสีตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด พบว่า การฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว, การฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม, การฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม และการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 จำนวน 0.5 กรัม สามารถเพิ่มปริมาณการเกิดของก๊าซไฮโดรเจนได้ด้วยการเพิ่มปริมาณรังสีที่ทำการฉาย และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้นได้โดยการเติมอนุภาคนาโน (เมื่อเทียบกับการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว) เพราะฉะนั้นปริมาณรังสี และอนุภาคนาโน ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

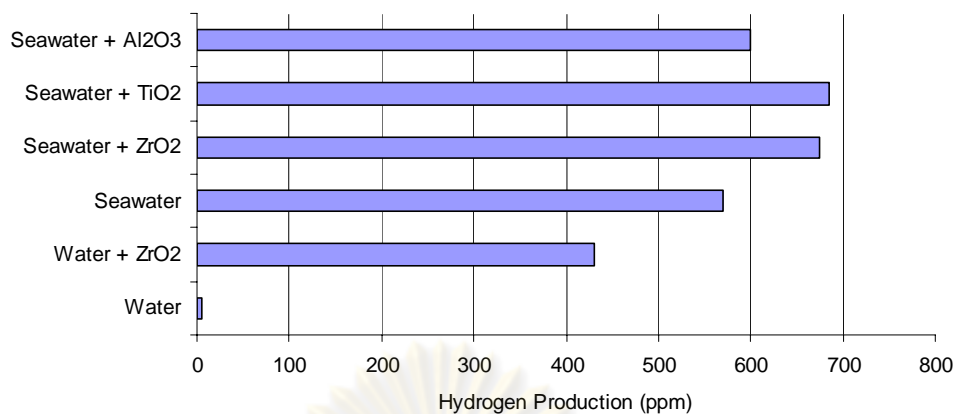
ตารางที่ 4.5 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีตามเงื่อนไขต่างๆ

ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

(การเติมอนุภาคนาโน ทั้งหมดจำกัดที่ 0.5 กรัม)

Condition	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
H_2O	5.3	4.6	4.95 ± 2.22
$\text{H}_2\text{O} + \text{ZrO}_2$	428.3	431.5	429.90 ± 20.73
Seawater	573.1	568.6	570.85 ± 23.89
Seawater + ZrO_2	674.1	676.8	675.45 ± 25.99
Seawater + TiO_2	683.2	686.7	684.95 ± 26.17
Seawater + Al_2O_3	599.8	601.5	600.65 ± 24.51

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

จากผลการทดลองการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากการฉายรังสีตามเงื่อนไขต่างๆ ที่ ปริมาณรังสี 100 kGy ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรดิโอไลซิสของน้ำเพียง อย่างเดียวเกิดขึ้นน้อยมาก เมื่อเทียบการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว เพราะฉะนั้น น้ำ ทะเลมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงกว่าน้ำ

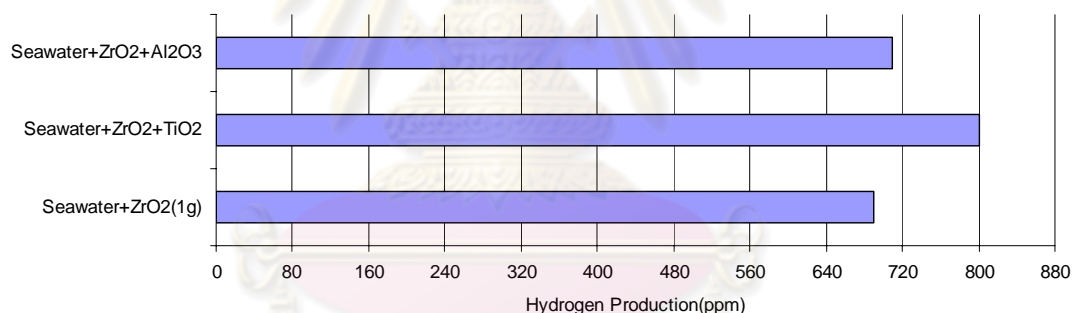
4.5 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1 กรัม)

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 เติมอนุภาคนาโน ของ ZrO₂ จำนวน 0.5 กรัม, อนุภาคนาโนของ TiO₂ จำนวน 0.5 กรัม และอนุภาคนาโนของ Al₂O₃ จำนวน 0.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 100 kGy อัตราปริมาณรังสี เท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ
 ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)
 (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1 กรัม)

Condition	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
Seawater + ZrO ₂ + TiO ₂	688.7	690.2	689.45 ± 26.26
Seawater + ZrO ₂ + Al ₂ O ₃	802.4	798.4	800.40 ± 28.29
Seawater + ZrO ₂ (1g)	711.6	710.3	710.95 ± 26.66

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.6 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ
 ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)
 (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1 กรัม)

จากการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO₂, Al₂O₃ และ TiO₂ อย่างละ 0.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการฉายรังสีน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว สังเกตได้ว่าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้สอดคล้องกับการทดลองที่ 4.2, 4.3 และ 4.4

เมื่อนำอนุภาคนาโนของ ZrO_2 ผสมกับอนุภาคนาโน TiO_2 อย่างละ 0.5 กรัม เติมน้ำลงในน้ำทะเลแล้วทำการฉายรังสีน้ำทะเล ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่าการฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกันกับการเติมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 ผสมกับอนุภาคนาโน Al_2O_3 อย่างละ 0.5 กรัม ลงในน้ำทะเลแล้วทำการฉายรังสีน้ำทะเล

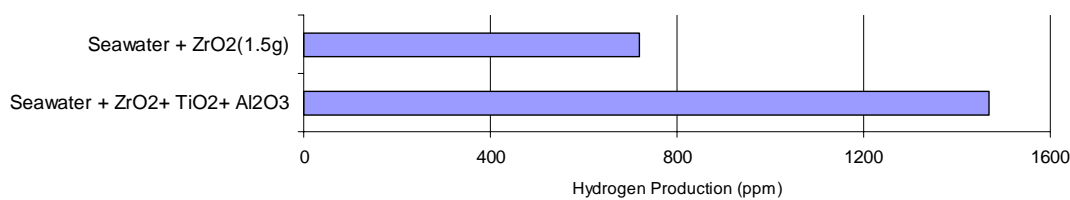
4.6 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy (การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1.5 กรัม)

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 เติมนอนุภาคนาโนของ ZrO_2 จำนวน 0.5 กรัม, อนุภาคนาโนของ TiO_2 จำนวน 0.5 กรัม และอนุภาคนาโนของ Al_2O_3 จำนวน 0.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 100 kGy อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)
(การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1.5 กรัม)

Condition	Hydrogen Production (ppm)		$\bar{x} \pm SD$
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
Seawater + ZrO_2 + TiO_2 + Al_2O_3	1468.4	1472.5	1470.45 \pm 38.35
Seawater + ZrO_2 (1.5g)	723.5	720.3	721.90 \pm 26.87

(ทดลองในเงื่อนไขเดิมซ้ำ 2 ครั้ง)



รูปที่ 4.7 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามเงื่อนไขต่างๆ

ปริมาณรังสี 100 kGy ที่อุณหภูมิ 40°C (Dose rate = 7.14 kGy/hr)

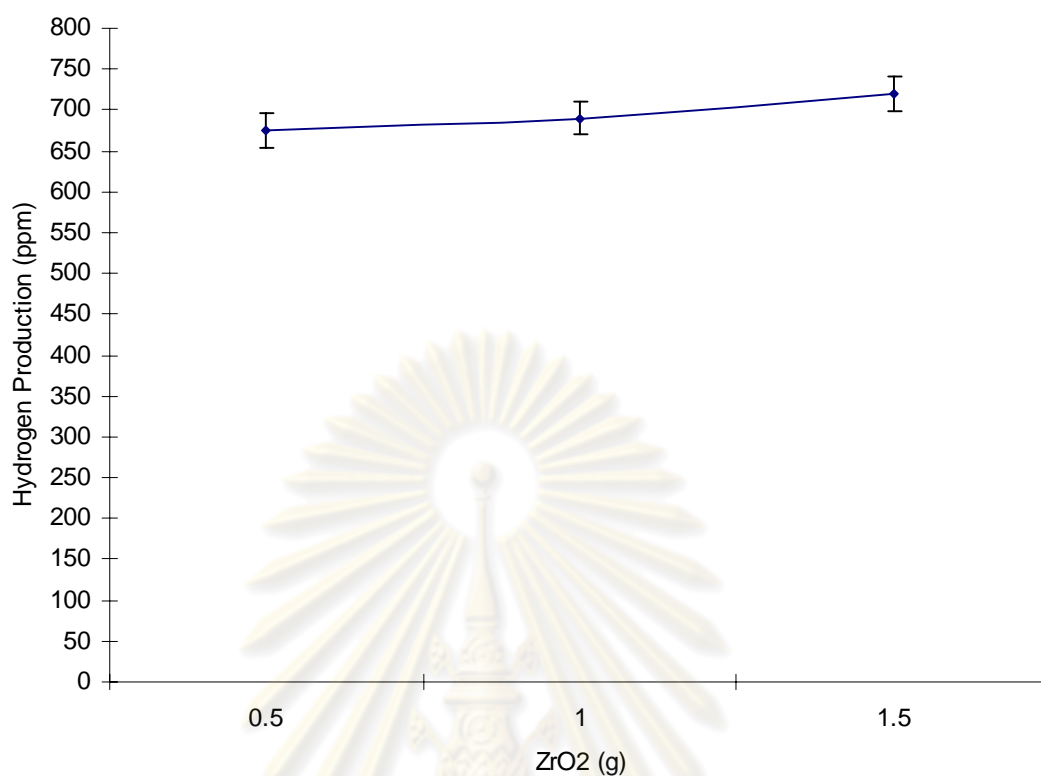
(การเติมอนุภาคนาโนในแต่ละเงื่อนไข รวมแล้วทั้งหมดจำกัดที่ 1.5 กรัม)

จากการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนพบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO₂, Al₂O₃ และ TiO₂ อย่างละ 0.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนมีมากกว่าการเติมอนุภาคนาโนของ ZrO₂ จำนวน 1.5 กรัม และมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

4.7 การทดลองฉายรังสีน้ำทะเลที่เติมอนุภาคนาโนของ ZrO₂ ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ที่ปริมาณรังสี 100 kGy

ในการทำการทดลอง ใช้น้ำทะเลปริมาณ 50 กรัม, pH = 7.9 เติมอนุภาคนาโนของ ZrO₂ จำนวน 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ทำการฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 100 kGy อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 7.14 kGy/hr ที่อุณหภูมิ 40°C (ตัวอย่างน้ำทะเลจาก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นได้จากการฉายรังสีน้ำทะเลตามที่ได้มอนุภาคนาโนของ ZrO_2 ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ตามเงื่อนไขที่กำหนด ปริมาณรังสี 100 kGy

การเพิ่มปริมาณของอนุภาคนาโนของ ZrO_2 เพียงชนิดเดียว จำนวน 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม เติมในน้ำทะเลแล้วทำการฉายรังสี มีส่วนในการช่วยเพิ่มปริมาณการเกิดขึ้นของก๊าซไฮโดรเจนได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขอื่นที่มีการผสมกันกับอนุภาคนาโนชนิดอื่น

ศูนย์วิจัยทรัพยากรน้ำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

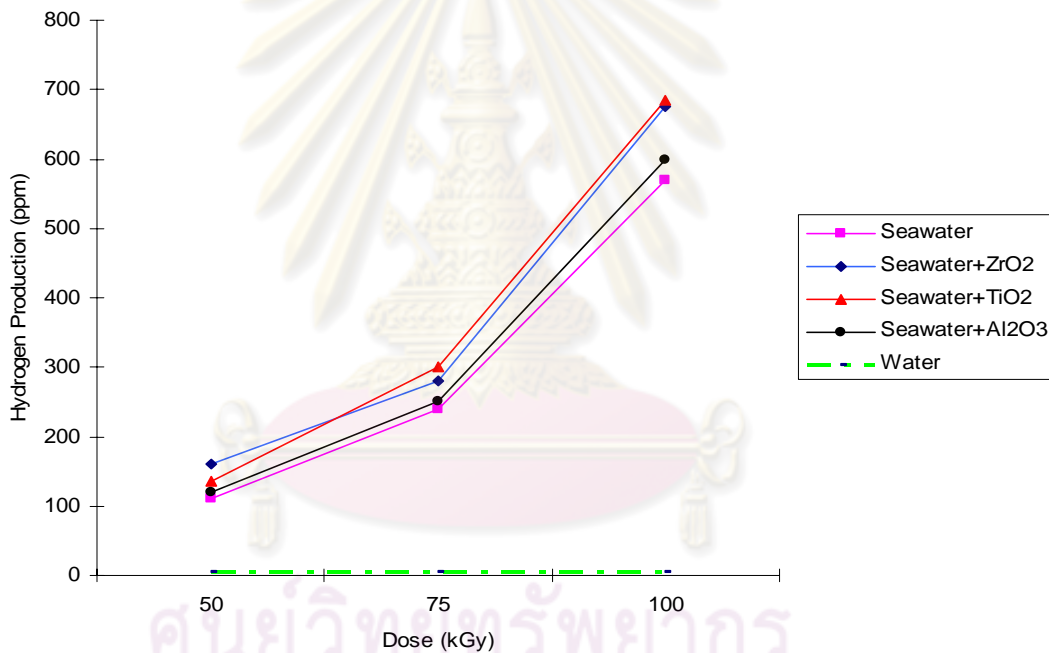
บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลโดยการฉายรังสีที่ปริมาณรังสีแกมมา ในช่วง 50 kGy – 100 kGy

ปริมาณของรังสีแกมมามีผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากปริมาณของรังสีมีผลต่อกระบวนการเรดิโอไลซิส (Radiolysis process) โดยการสลายพันธะของน้ำทะเล ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ (Free radicals) เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อนุมูลอิสระของไฮโดรเจนรวมตัวกันเองจนกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนได้มากขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เพิ่มขึ้นจากการฉายรังสีน้ำทะเล และน้ำ ที่ปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 50 kGy – 100 kGy

จากรูปที่ 5.1 สังเกตได้ว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นของการฉายรังสีผ่านน้ำทะเล ซึ่งมีความแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับการฉายรังสีผ่านน้ำเปล่า เป็นผลเนื่องจากในน้ำทะเลมีอนุภาคต่างๆ มากมายที่ละลายผสมอยู่ในน้ำทะเล และอนุภาคต่างๆ ที่ละลายอยู่นั้นส่งผลดีต่อการแตกตัวเมื่อถูกฉายด้วยรังสี นอกจากนี้การละลายของออกซิเจนในน้ำทะเลน้อยกว่าน้ำเปล่า ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระของเปอร์ออกซี (Peroxy radical) ที่เสถียรทำให้การ

สลายตัวเป็นไฮโดรเจนน้อยกว่า จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำทะเลมีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสูงกว่าน้ำเปล่า

ปริมาณรังสีที่ฉายมีผลอย่างมากที่สุดต่อกระบวนการเรดิโอไลซิส ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณรังสี 50, 75 และ 100 kGy ของเงื่อนไขต่างๆที่กำหนดขึ้น มีปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นปริมาณรังสียิ่งมากทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนมากขึ้นตามด้วย

5.2 การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเลโดยการฉายรังสีโดยที่มีการเติม และไม่เติมอนุภาคนาโนที่ปริมาณต่างๆ

การเติมอนุภาคนาโนในน้ำทะเลเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งสังเกตได้จากการทดลองฉายรังสีผ่านน้ำทะเลเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับ การฉายรังสีผ่านน้ำทะเลที่มีการเติมอนุภาคนาโนลงไป ตามเงื่อนไขที่กำหนดต่างๆ ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในเงื่อนไขของการทดลองที่ทำการเติมอนุภาคนาโนลงไป มีมากกว่าการที่ไม่เติมอนุภาคนาโนลงไป เช่นเดียวกันกับการเพิ่มปริมาณของอนุภาคนาโนลงในน้ำทะเล ก็ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเช่นกัน

จากการทดลอง พบว่า เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำทะเล คือ การฉายรังสีน้ำทะเลโดยผสมอนุภาคนาโนของ ZrO_2 , Al_2O_3 และ TiO_2 อย่างละ 0.5 กรัม ที่ปริมาณรังสี 100 kGy พบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น เท่ากับ 1,470 ppm ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดที่ได้จากการทดลอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในระหว่างการฉายรังสีควรมีการกวนสารตลอดเวลาเพื่อไม่ให้อนุภาคนาโนตกตะกอน เป็นผลให้ความสามารถในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนลดลง

5.2.2 น้ำทะเลที่ใช้ในการทดลองควรเปลี่ยนใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH

รายการอ้างอิง

- [1] D.W.Vinson, Evaluation of Hydrogen Generation from Radiolysis from Breached Spent Fuel, WSRC-MS-2002-00728, Westinghouse Savannah River Company, South Carolina.
- [2] Jay A. LaVerne, et. al., H₂ Production in the Radiolysis of Water on CeO₂ and ZrO₂ Journal of physical chemistry 2002, 106 (2), pp 380–386.
- [3] Satoshi Seino, et. al., Enhancement of Hydrogen Evolution Yield from Water Dispersing Nanoparticles Irradiated with Gamma-Ray, Journal of Nuclear Science and Technology, 2001, 38, pp. 633-636.
- [4] แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพ็ชรสม. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2539.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1ก คุณสมบัติทางฟิสิกส์เชิงความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของไฮโดรเจนโมเลกุลในสภาวะที่เป็นก๊าซ

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (W/m·K)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
100	0.24255	11.23	42.1	17.4	67.0	24.6	0.707
150	0.16156	12.60	56.0	34.7	101	49.6	0.699
200	0.12115	13.54	68.1	56.2	131	79.9	0.704
250	0.09693	14.06	78.9	81.4	157	115	0.707
300	0.08078	14.31	89.6	111	183	158	0.701
350	0.06924	14.43	98.8	143	204	204	0.700
400	0.06059	14.48	108.2	179	226	258	0.6595
450	0.05386	14.50	117.2	218	247	316	0.689
500	0.04848	14.52	126.4	261	266	378	0.691
550	0.04407	14.53	134.3	305	285	445	0.685
600	0.04040	14.55	142.4	352	305	519	0.678
700	0.03463	14.61	157.8	456	342	676	0.675
800	0.03030	14.70	172.4	569	378	849	0.670
900	0.02694	14.83	186.5	692	412	1030	0.671
1000	0.02424	14.99	201.3	830	448	1230	0.673
1100	0.02204	15.17	213.0	966	488	1460	0.662
1200	0.02020	15.37	226.2	1120	528	1700	0.659
1300	0.01865	15.59	238.5	1279	568	1955	0.655
1400	0.01732	15.81	250.7	1447	610	2230	0.650
1500	0.01616	16.02	262.7	1626	655	2530	0.643

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (W/m·K)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
1600	0.0152	16.28	273.7	1801	697	2815	0.639
1700	0.0143	16.58	284.9	1992	742	3130	0.637
1800	0.0135	16.96	296.1	2193	786	3435	0.639
1900	0.0128	17.49	307.2	2400	835	3730	0.643
2000	0.0121	18.25	318.2	2630	878	3975	0.661

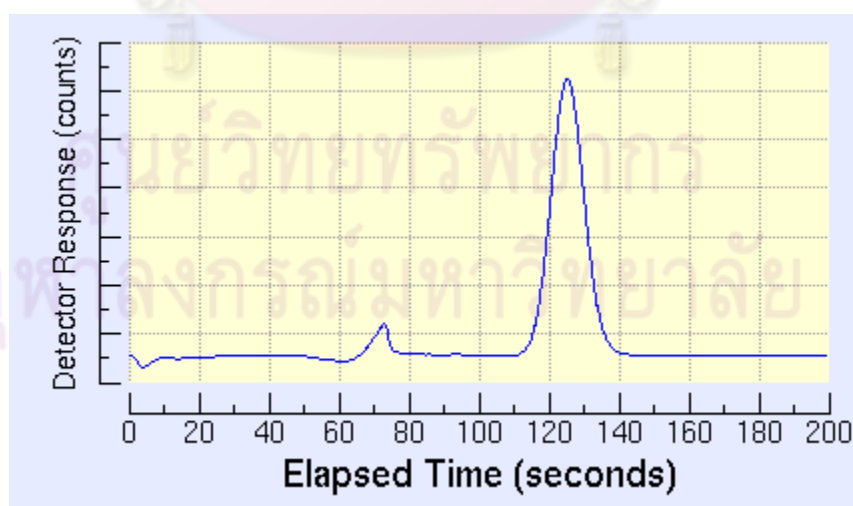


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ข ชนิดของ stationary phase

Stationary Phase	Common Name	Polarity	Common Applications
Cycloparaffin	Squalane	Non-polar	Hydrocarbons
Polydimethyl siloxane	OV-1, SE-30	Non-polar	General purpose non-polar phase; hydrocarbons; polynuclear aromatics; drugs; steroids; PCB's
Poly(phenylmethyldimethyl) siloxane (10% phenyl)	OV-3, SE-52	Slightly Polar	Fatty acid methyl esters; alkaloids; drugs; halogenated compounds
Polyethylene glycol	Carbowax	Polar	Free acids; alcohols; ethers; essential oils; glycols
Poly(phenylmethyldimethyl) siloxane (50% phenyl)	OV-17	Moderately Polar	Drugs; steroids; pesticides; glycols
Poly(dicyanoalkyldimethyl) siloxane	OV-275	Highly Polar	Polyunsaturated fatty acids; rosin acids; free acids; alcohols



รูปที่ 1 ข กราฟ Gas chromatography แสดงตำแหน่งของก๊าซไฮโดรเจน

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 1ค Major ions in seawater (mg/l)

Cl ⁻ (chloride)	19,000
Na ⁺ (sodium)	10,500
SO ₄ ²⁻ (sulfate)	2700
Mg ²⁺ (magnesium)	1280
Ca ²⁺ (calcium)	412
K ⁺ (potassium)	399
HCO ₃ ⁻ (bicarbonate)	110
Br ⁻ (bromide)	67
CO ₃ ²⁻ (carbonate)	20
Sr ²⁺ (strontium)	7.9
B(OH) ₃ ⁺ B(OH) ₄ ⁻ (borate)	5 (as Boron)
F ⁻ (fluoride)	1.3
Organics	1 to 2
Everything else combined (except dissolved gasses)	Less than 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2ค Some minor and trace ions in seawater (mg/l)

Li ⁺ (lithium)	0.17
Rb ⁺ (rubidium)	0.12
H ₂ PO ₄ ⁻ + HPO ₄ ²⁻ + PO ₄ ³⁻ (phosphate)	0.0 to 0.3
IO ₃ ⁻ (iodate)	0.03 to 0.06
I ⁻ (iodide)	0 to 0.03
Ba ⁺ (barium)	0.004 to 0.02
Al ³⁺ (aluminum)	0.00014 to 0.001
Fe ²⁺ + Fe ³⁺ (iron)	0.000006 to 0.00014
Zn ²⁺ (zinc)	0.000003 to 0.0006

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3ค Atmospheric gases in seawater at 25°C when in equilibrium with air

Carbon dioxide (as HCO_3^- and CO_3^{--})	100 ppm of CO_2
Nitrogen (N_2)	10.7 ppm
Oxygen (O_2)	6.6 ppm
Argon (Ar)	0.40 ppm
Neon (Ne)	0.13 ppb
Helium (He)	0.0066 ppb
Krypton (Kr)	0.185 ppb
Xenon (Xe)	0.038 ppb

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4ค Fate of carbon dioxide in the ocean

<u>Form/Location</u>	<u>Percentage</u>
CO ₂ in the atmosphere	1.4%
CO ₂ /H ₂ CO ₃ in the ocean	0.5%
HCO ₃ ⁻ in the ocean	79.9%
CO ₃ ²⁻ in the ocean	9.6%
Organics on land	4.9%
Organics in the ocean	3.7%



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิรชาติ ธรรมชาติ เกิดเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกล) จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปี พ.ศ. 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (นิวเคลียร์เทคโนโลยี) ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย