

การลดไตรโคลโรเอทีลีนและเพอร์คลอโรเอทีลีนในตัวอย่างน้ำ
โดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาพร้อมกับโอโซน



นาย อวยชัย ทวีชัยไพศาลกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0399-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 20396442

30 เม.ย. 2546

REDUCTION OF TRICHLOROETHYLENE AND PERCHLOROETHYLENE
IN WATER SAMPLES BY OZONE/GAMMA-RAY IRRADIATION PROCESS

Mr. Uaychai Taweechaipaisankul

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

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

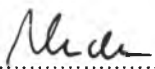
Chulalongkorn University

Academic Year 2001


ISBN 974-03-0399-4

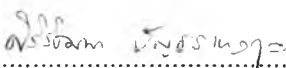
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดไตรโคลอโรเอทีลีนและเพอร์คลอโรเอทีลีน ในตัวอย่างน้ำโดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาร่วมกับโอโซน
โดย	นาย อวยชัย ทวีชัยไพศาลกุล
สาขาวิชา	นิเวศลิยร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

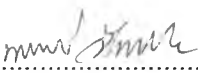
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชยากกริต ศิริอุปลัทธ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทร์ขาว)

อวยชัย ทวีชัยไพศาลกุล : การลดไตรคลอโรเอทีลีนและเพอร์คลอโรเอทีลีน
ในตัวอย่างน้ำ โดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาพร้อมกับโอโซน. (REDUCTION OF
TRICHLOROETHYLENE AND PERCHLOROETHYLENE IN WATER SAMPLES BY
OZONE/GAMMA-RAY IRRADIATION PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์
ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล, 100 หน้า. ISBN 974-03-0399-4.

ปริมาณรังสีแกมมาและปริมาณโอโซนที่เหมาะสมในการลดปริมาณไตรคลอโรเอทีลีน
และเพอร์คลอโรเอทีลีนในน้ำดื่มให้มีปริมาณไม่เกิน 30 ppb และ 10 ppb ตามลำดับ ตามที่
องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดไว้พบว่า มีค่าเท่ากับ 188 Gy และ 3.26 ppm สำหรับ
ไตรคลอโรเอทีลีน และ 200 Gy และ 9.8 ppm สำหรับเพอร์คลอโรเอทีลีน ในกรณีที่น้ำมีปริมาณ
ในเตรตสูงกว่า 5 ppm ประสิทธิภาพในการลดสารเคมีทั้งสองจะลดลง

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ 20 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อน
ไตรคลอโรเอทีลีน 18 ตัวอย่าง มีค่าในช่วง 0.002 ถึง 0.261 ppb และตัวอย่างน้ำที่ปนเปื้อน
เพอร์คลอโรเอทีลีน 6 ตัวอย่าง มีค่าในช่วง 0.006 ถึง 0.354 ppb

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##417063E121 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: TRICHLOROETHYLENE / PERCHLOROETHYLENE / GAMMA IRRADIATION

UAYCHAI TAWEECHAIPAISANKUL: REDUCTION OF TRICHLOROETHYLENE AND PERCHLOROETHYLENE IN WATER SAMPLES BY OZONE/GAMMA-RAY IRRADIATION PROCESS. THESIS ADVISOR ; ASSOC. PROF.SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL, 100 PP. ISBN 974-03-0399-4.

Optimum gamma dose and ozone content to reduce trichloroethylene (TCE) and perchloroethylene (PCE) in drinking water to below the permissible content as defined by WHO at ≤ 30 ppb and ≤ 10 ppb , respectively, were studied. The determined optimum conditions were found to be 188 Gy with 3.26 ppm ozone for TCE reduction and 200 Gy with 9.8 ppm ozone for PCE reduction. The reduction efficiency of both gamma dose and ozone content on both chemicals would decrease when nitrate content in water was higher than about 5 ppm .

The results obtained from 20 different sources of water samples showed 18 samples were contaminated with TCE in the range of 0.002 to 0.261 ppb and 6 samples contaminated with PCE in the range of 0.006 to 0.654 ppb range .

Department Nuclear Technology
Field of study Nuclear Technology
Academic year 2001

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้แนะนำ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ กราบขอบพระคุณ รศ.ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องฉายรังสี BSV-06

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้การสนับสนุน คุณศิริรัตน์ พิรมนตรีและคุณอารักษ์ วิทิตธีรานนท์ นักวิทยาศาสตร์กองการวัดกัมมันตภาพรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือในการหาปริมาณรังสี

ขอขอบคุณคุณศิริชัย โฆษิตารัตน์ นักวิทยาศาสตร์หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์หาปริมาณ TCE และ PCE ด้วยเครื่อง GC

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ในการอุดหนุนทุนทำวิทยานิพนธ์บางส่วน

ขอขอบคุณคุณปวีณา นวลฉวี และเพื่อนนิสิตที่ให้ความช่วยเหลือในการทำ วิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่สนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	4
2.1 คุณสมบัติทั่วไปของTrichloroethylene และ Perchloroethylene.....	4
2.1.1 โครงสร้างทางเคมีของ TCE.....	4
2.1.2 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของ TCE.....	4
2.1.3 การใช้ประโยชน์จากTCE.....	5
2.1.4 โครงสร้างทางเคมีของ PCE.....	6
2.1.5 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของ PCE.....	6
2.1.6 การใช้ประโยชน์จาก PCE.....	7
2.1.7 ผลกระทบของ TCE และ PCE ต่อสิ่งแวดล้อม.....	8
2.1.8 ผลกระทบของ TCE และ PCE ต่อมนุษย์.....	9
2.1.9 ระดับ Threshold ที่ร่างกายมนุษย์สามารถรับ TCE และ PCE ได้.....	9
2.1.10 วิธีตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ TCE และ PCE ในตัวอย่างต่างๆ.....	10

2.2	ผลของรังสีที่มีต่อน้ำ.....	11
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3.1	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	16
3.2	สารเคมี.....	17
3.3	วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐาน.....	18
3.3.1	สารละลายมาตรฐานของ TCE ในน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำ.....	18
3.3.2	สารละลายมาตรฐานของ TCE ในน้ำที่มีความเข้มข้นสูง.....	19
3.3.3	สารละลายมาตรฐานของ PCE ในน้ำที่มีความเข้มข้นต่ำ.....	19
3.3.4	สารละลายมาตรฐานของ PCE ในน้ำที่มีความเข้มข้นสูง	20
3.3.5	สารละลาย Internal Standard ของ 1,1,2-Trichloroethane ในน้ำ.....	21
3.3.6	สารละลาย TCE ในน้ำเพื่อใช้ในการฉายรังสี	21
3.3.7	สารละลาย PCE ในน้ำเพื่อใช้ในการฉายรังสี.....	22
3.3.8	สารละลาย NaNO ₃ ในน้ำ.....	23
3.3.9	สารละลาย TCE ในน้ำที่ผสม Sodium nitrate เพื่อใช้ในการฉายรังสี.....	24
3.3.10	สารละลาย PCE ในน้ำที่ผสม Sodium nitrate เพื่อใช้ในการฉายรังสี.....	24
3.4	Gas Chromatographic Conditions.....	24
3.5	การทำ Calibration Curve.....	25
3.5.1	External Standard Calibration Curve ของ TCE.....	25
3.5.2	External Standard Calibration Curve ของ PCE.....	25
3.5.3	Internal Standard Calibration Curve ของ TCE.....	26
3.5.4	Internal Standard Calibration Curve ของ PCE.....	27
3.6	วิธีหาค่าความแม่นยำของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเฮดสเปซ.....	32
3.7	การศึกษาหาค่า Limit of Quantitation.....	33
3.8	การหาปริมาณของ TCE และ PCE ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ.....	35
3.9	การฉายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณ TCE ในน้ำ.....	35
3.10	การฉายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณ PCE ในน้ำ.....	37

	หน้า
3.11 การขายรังสีแกมมาพร้อมกับไอโซนเพื่อลดปริมาณ TCE ในน้ำ.....	37
3.12 การขายรังสีแกมมาพร้อมกับไอโซนเพื่อลดปริมาณ PCE ในน้ำ.....	39
3.13 การขายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณ TCE ในน้ำที่มีโซเดียมไนเตรตผสมอยู่.....	40
3.14 การขายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณ PCE ในน้ำที่มีโซเดียมไนเตรตผสมอยู่.....	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
4.1 ความแม่นยำของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเฮดสเปซ.....	42
4.2 Limit of Quantitation.....	43
4.3 ปริมาณของ TCE และ PCE ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ.....	46
4.4 ผลของการขายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณ TCE ในตัวอย่างน้ำ.....	49
4.5 ผลของการขายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณ PCE ในตัวอย่างน้ำ.....	51
4.6 ผลของการขายรังสีแกมมาพร้อมกับไอโซนเพื่อลดปริมาณ TCE ในตัวอย่างน้ำ.....	53
4.7 ผลของการขายรังสีแกมมาพร้อมกับไอโซนเพื่อลดปริมาณ PCE ในตัวอย่างน้ำ.....	59
4.8 ผลของปริมาณโซเดียมไนเตรตที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำต่อการลดลงของ ปริมาณ TCE เมื่อทำการขายรังสีแกมมาให้แก่ตัวอย่างน้ำ.....	65
4.9 ผลของปริมาณโซเดียมไนเตรตที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำต่อการลดลงของ ปริมาณ PCE เมื่อทำการขายรังสีแกมมาให้แก่ตัวอย่างน้ำ.....	68
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	71
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก.....	75
ภาคผนวก ก.....	76
ภาคผนวก ข.....	79
ภาคผนวก ค.....	96
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	100

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1	คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของ TCE.....4
2.2	คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของ PCE.....6
2.3	ปริมาณของ TCE และ PCE ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จากการสำรวจในประเทศไทย.....7
2.4	ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำบาดาล.....8
2.5	วิธีตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ TCEและPCEในตัวกลางต่างๆ.....10
2.6	การเปรียบเทียบการสลายตัวของ PCE ในน้ำที่มี nitrate และ bicarbonate ต่างกัน.....15
3.1	ความบริสุทธิ์ของ สาร chlorinated hydrocarbons ที่ใช้ในการทดลอง..... 17
3.2	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน TCE ในน้ำที่ pipet และความเข้มข้น ของสารละลาย TCE ในน้ำที่ได้.....18
3.3	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน TCE ใน methanol ที่ pipet และความเข้มข้น ของสารละลาย TCE ในน้ำที่ได้..... 19
3.4	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน PCE ในน้ำ ที่ pipet และความเข้มข้น ของสารละลาย PCE ในน้ำที่ได้..... 20
3.5	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน PCE ใน methanol ที่ pipet และความเข้มข้น ของสารละลาย PCE ในน้ำที่ได้.....21
3.6	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน TCE ใน methanol ที่ pipet และความเข้มข้น ของสารละลาย TCE ในน้ำที่ได้เพื่อนำไปฉายรังสี..... 22
3.7	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน PCE ใน methanol ที่ pipet และความเข้มข้น ของสารละลาย PCE ในน้ำที่ได้เพื่อนำไปฉายรังสี.....23
3.8	ปริมาณโซเดียมไนเตรตที่เติมและความเข้มข้นของโซเดียมไนเตรตในน้ำที่ได้.....23
3.9	GC Condition ที่ใช้กับ ECD Detector ที่ใช้ในการหาปริมาณ TCE และ PCEในตัวอย่งน้ำ.....24
3.10	เวลาที่ใช้ในการฉายรังสีเพื่อให้ได้รับปริมาณรังสีที่ต้องการ.....36
3.11	ปริมาณ ozone ที่ให้แก่น้ำ.....38
4.1	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน TCE และ PCE ในน้ำ ที่ได้จากการเตรียมกับค่าที่ได้จากการทดลอง.....43
4.2	ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน TCE กับ precision (%RSD).....44

สารบัญตาราง(ต่อ)

ฎ

หน้า

4.3	ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน PCE กับ precision (%RSD).....	45
4.4	ปริมาณของTCE และปริมาณของ PCE ที่ตรวจพบจากตัวอย่างน้ำ.....	48
4.5	ปริมาณ TCE ที่ตรวจพบเมื่อฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	50
4.6	ปริมาณ PCE ที่ตรวจพบเมื่อฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	52
4.7	ปริมาณของ TCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน(ปริมาณไอโซนต่ำ).....	55
4.8	ปริมาณของ TCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน (ปริมาณไอโซนสูง).....	57
4.9	ปริมาณของ PCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน(ปริมาณไอโซนต่ำ).....	61
4.10	ปริมาณของ PCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน(ปริมาณไอโซนสูง).....	63
4.11	ปริมาณ TCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรตต่างกัน เมื่อได้รับรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	66
4.12	ปริมาณ PCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรตต่างกัน เมื่อได้รับรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	69

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 การเกิดปฏิกิริยาของ hydroxy free radical (OH^\bullet) solvate electron (e^-_{aqu}) และ H^\bullet	13
2.2 การเกิดปฏิกิริยาของ Solvated electron (e^-_{aqu}) และ Hydrogen radical (H^\bullet) กับ Ozone ในน้ำ.....	14
2.3 การเปรียบเทียบการสลายตัวของ PCE ปริมาณ 50 ppb ในน้ำที่มี ปริมาณ Nitrate และ Bicarbonate ต่างกัน.....	15
3.1 External Standard Curve ของ TCE.....	28
3.2 External Standard Curve ของ PCE.....	29
3.3 Internal Standard Curve ของ TCE.....	30
3.4 Internal Standard Curve ของ PCE.....	31
3.5 วิธีเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคเฮดสเปคก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC.....	34
4.1 การหาค่า LOQ ของ TCE จากกราฟระหว่าง precision (%RSD) กับความเข้มข้น สารละลายมาตรฐาน.....	44
4.2 การหาค่า LOQ ของ TCE จากกราฟระหว่าง precision (%RSD) กับความเข้มข้น สารละลายมาตรฐาน.....	45
4.3 ปริมาณ TCE ที่ตรวจพบเมื่อฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	50
4.4 ปริมาณ PCE ที่ตรวจพบเมื่อฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	52
4.5 ปริมาณของ TCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน(ปริมาณไอโซนต่ำ).....	56
4.6 ปริมาณของ TCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน (ปริมาณไอโซนสูง).....	58
4.7 ปริมาณของ PCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน(ปริมาณไอโซนต่ำ).....	62
4.8 ปริมาณของ PCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่ได้รับปริมาณรังสีแกมมา และปริมาณไอโซนที่แตกต่างกัน(ปริมาณไอโซนสูง).....	64
4.9 ปริมาณ TCE ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรดต่างกัน เมื่อได้รับรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	67

4.10	ปริมาณ PCE ที่ตรวจพบในตัวอย่งน้ำที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรดต่างกัน เมื่อได้รับรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ.....	70
------	---	----