



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินการปนเปื้อนอุจจาระโดยสารประกอบฟีสเตอรอลใน
คลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์และพื้นที่น้ำท่วม

Assessment of Fecal Contamination using Fecal Sterol Compounds in
Canals around Rattanakosin Island and Flooded Area

นามผู้วิจัย นางสาวสุพัตรา ศรีจิว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วิไล เจียมไชยศรี, D.Tech.Sc.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ชาติ เจียมไชยศรี, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชาติ เจียมไชยศรี, D.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสังข์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินการปนเปื้อนอุจจาระโดยสารประกอบฟีสเตอรอลใน
คลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์และพื้นที่น้ำท่วม

Assessment of Fecal Contamination using Fecal Sterol Compounds in Canals
around Rattanakosin Island and Flooded Area

โดย

นางสาวสุพัตรา ศรีจิว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุพัตรา ศรีจิว 2556: การประเมินการปนเปื้อนอุจจาระโดยสารประกอบฟิคลสเดียรอล
ในคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์และพื้นที่น้ำท่วม ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วิไล เจียมไชยศรี, D.Tech.Sc.
135 หน้า

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาการประเมินการปนเปื้อนอุจจาระโดยใช้สารประกอบ
ฟิคลสเดียรอลในคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์(โอง่าง-บางลำพู) ใช้ระยะเวลาการศึกษา 1 ปี
(มิถุนายน 54 ถึง พฤษภาคม 55) เพื่อหาจำแนกแหล่งที่มาของการปนเปื้อนอุจจาระโดยทำการ
ศึกษาตามฤดูกาลและอิทธิพลของระดับน้ำในคลอง ปริมาณน้ำฝนรายเดือน และการระบายน้ำเสีย
ลงคลอง ที่มีผลต่อการสะสมการปนเปื้อนอุจจาระ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระ
ในพื้นที่น้ำท่วมบริเวณจังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี ปี 2554 ผลการศึกษา พบว่ามีการ
ปนเปื้อนอุจจาระของมนุษย์และมูลสัตว์เลือดอุ่น ทั้งสัตว์ปีกและสัตว์อื่นๆ ปริมาณเฉลี่ยสูงสุดของ
สารประกอบคอเลสเทอรอล 12.478 ไมโครกรัมต่อกรัม สารประกอบคอเลสทานอล 10.782
ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบคอพอสตานอล 16.903 ไมโครกรัมต่อกรัม จากข้อมูล
พบว่าระดับน้ำภายในคลองและปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบ
ฟิคลสเดียรอลจากการศึกษาที่ระบายน้ำที่ไหลลงสู่คลองที่ศึกษา พบว่าบริเวณจุดเก็บสะพาน
สมเด็จพระมหารัชมังคลาจารย์ค่าเฉลี่ยสารประกอบฟิคลสเดียรอลสูงสุด ซึ่งมีปริมาณสารประกอบคอเลสเทอรอล
มีค่าเท่ากับ 8.321 ไมโครกรัมต่อลิตร สารประกอบคอพอสตานอลมีค่าเท่ากับ 6.490 ไมโครกรัม
ต่อลิตร และสารประกอบคอเลสทานอลมีค่าเท่ากับ 1.205 ไมโครกรัมต่อลิตร จากการศึกษาช่วง
น้ำท่วมจังหวัดนนทบุรีมีสารประกอบคอเลสเทอรอลสูงสุดมีค่าเท่ากับ 11.604 ไมโครกรัมต่อลิตร
จังหวัดปทุมธานี พบสารประกอบคอพอสตานอลสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.221 ไมโครกรัมต่อลิตร
แสดงถึงการปนเปื้อนอุจจาระและมูลสัตว์ในระดับสูงกว่าน้ำผิวดินที่เคยมีการรายงาน

Supattra Srijew 2013: Assessment of Fecal Contamination using Fecal Sterol Compounds in Canals around Rattanakosin Island and Flooded Area. Master of Engineering (Environmental Engineering), Major Field: Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Wilai Chiemchaisri, D.Tech.Sc. 135 pages.

Fecal contamination in the canals around Rattanakosin Island (Ong-ang and Bang Lumpoo canals) had been evaluated over a year period during June 2011 to May 2012, based on the selected sterol compounds for tracking fecal sources. Several factors, including season, water level of the canals, monthly rainfall data and discharged sewage which possibly affected the fecal contamination, were investigated in this study. Besides, fecal sterol contaminated in flood water over some parts of Nonthaburi and PathumThani provinces during October-November 2011 were also examined. It was found that the maximum of averaged fecal sterol contents in the sediments of the canals were $12.478 \mu\text{gcholesterol}\cdot\text{g}^{-1}$, $10.782 \mu\text{gcholestanol}\cdot\text{g}^{-1}$ and $16.903 \mu\text{gcoprostanol}\cdot\text{g}^{-1}$ which indicates high fecal pollution both from human and warm-blooded animal sources. The canals' water level and rainfall magnitude had significantly influenced changes in fecal sterol contents. Besides, the highest concentrations of all fecal sterol compounds, $8.321 \mu\text{gcholesterol}\cdot\text{L}^{-1}$, $6.490 \mu\text{g coprostanol}\cdot\text{L}^{-1}$ and $1.205 \mu\text{gcholestanol}\cdot\text{L}^{-1}$ of discharged sewages were found at SamataAmonmak canal. During flood period in 2011, the highest cholesterol and coprostanol contents of $11.604 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ and $2.221 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ were found in flood water over Nonthaburi and Pathumthani provinces respectively, which indicates higher fecal contamination from human/warm-blood animals as compared to those of surface water as reported in previous studies.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิไล เจียมไชยศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ การวางแผนงานวิจัย และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆงานวิจัยได้ ดำเนินจนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนจัดหาทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชาติ เจียมไชยศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ให้คำปรึกษาและแนะนำงานวิจัยเสร็จลุกลงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ชาโต อิโรยาสุ ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. โทรุ วาดานาเบ้ มหาวิทยาลัยยามากะตะ และผศ.ดร.เรียว ฮอนดะ ในศึกษาและการเก็บตัวอย่างช่วงน้ำท่วม และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พัชรภรณ์ อิทธิสุขนันท์ ประธานในการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเขียว ผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบครั้งนี้

งานวิจัยนี้ได้รับทุนภายใต้โครงการ โครงการวิจัยเรื่อง การอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพแวดล้อมทางน้ำในเขตเมืองของภูมิภาคเอเชีย (Preservation and Rehabilitation of Urban Water Environment in Asia) ขอขอบพระคุณที่ได้ให้การสนับสนุน และขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ ที่ได้สนับสนุนทุนพัฒนาบุคลากร และขอขอบพระคุณสำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ที่ได้ให้ข้อมูล

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณตา คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า พี่ชายเป็นอย่างยิ่งที่คอยช่วยเหลือเป็นกำลังใจ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่คอยให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจ ขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้ทำวิจัย

สุพัตรา ศรีจิว

เมษายน 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	34
ผลและวิจารณ์	45
สรุปและข้อเสนอแนะ	100
สรุป	100
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก กราฟมาตรฐานและผลวิเคราะห์สารประกอบฟัลด์สเตียรอล	108
ภาคผนวก ข ระดับน้ำภายในคลองรอบกรุง (โอ่งอ่าง-บางลำพู) ปี 2550 – 2554	118
ภาคผนวก ค ผลวิเคราะห์ทางเคมี – จุลชีววิทยา	121
ภาคผนวก ง การคำนวณอัตราส่วนสารประกอบฟัลด์สเตียรอล	125
ภาคผนวก จ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างและเครื่องมือวิเคราะห์	130
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน	9
2	มาตรฐานคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์	11
3	คลองรอบกรุง (โอง่าง – บางลำพู)	17
4	แผนการเปิดประตูควบคุมระดับน้ำ	18
5	ข้อมูลสรุปการปนเปื้อนอุจจาระจากแหล่งต่างๆ	29
6	อัตราส่วนสารประกอบฟัลด์สเตียรอล	32
7	สถานที่เก็บน้ำตัวอย่างคลองรอบกรุง (โอง่าง- บางลำพู)	36
8	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	39
9	ชนิดสารประกอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอล โดย GC – FID	42
10	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางเคมีของคลองโอง่าง –บางลำพู	
11	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอล ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05	51
12	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาของคลองโอง่าง-บางลำพู	60
13	ค่าเฉลี่ยทางเคมีของตะกอนดินคลองโอง่าง-บางลำพู	64
14	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอลในฤดูฝน ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05	73
15	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอลในฤดูหนาว ด้วยวิธีทางสถิติที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05	74
16	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอลในฤดูร้อน ด้วยวิธีทางสถิติที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05	75
17	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอลของระดับน้ำภายในคลองและ ปริมาณน้ำฝนคลองโอง่าง ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	78
18	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอลของระดับน้ำภายในคลองและ ปริมาณน้ำฝน คลองบางลำพูด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	80
19	ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอลของปริมาณน้ำฝนบริเวณสะพาน สมเด็จพระमारคด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ค่าเฉลี่ยทางเคมีของน้ำบริเวณท่อระบายน้ำ	83
21	ค่าเฉลี่ยทางจุลชีววิทยาของน้ำบริเวณท่อระบายน้ำ	84
22	ผลการทดสอบสารประกอบฟอสเฟตของท่อระบายน้ำ ด้วยวิธีทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	89
23	ค่าเฉลี่ยทางเคมีของน้ำท่วม	90
24	ค่าเฉลี่ยทางจุลชีววิทยาของน้ำท่วม	90
25	ผลการทดสอบสารประกอบฟอสเฟตของพื้นที่น้ำท่วมจังหวัดนนทบุรี ด้วย วิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	94
26	ผลการทดสอบสารประกอบฟอสเฟตของพื้นที่น้ำท่วมจังหวัดปทุมธานีด้วย วิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	97
ตารางผนวกที่		
ก1	ความเข้มข้นสารมาตรฐานสารประกอบคอเลสเทอรอล	109
ก2	ความเข้มข้นสารมาตรฐานสารประกอบคอเลสทานอล	110
ก3	ความเข้มข้นสารมาตรฐานสารประกอบคอพอสตานอล	111
ก4	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู)	112
ข1	ระดับน้ำภายในประตูระบายน้ำคลองโอง่าง	119
ข2	ระดับน้ำภายในประตูระบายน้ำคลองบางลำพู	120
ค1	ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด-สูงสุด) ทางเคมีของน้ำคลองโอง่าง-บางลำพู	122
ค2	ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด – สูงสุด)ทางจุลชีววิทยาของน้ำคลองโอง่าง-บางลำพู	123
ค3	ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด- สูงสุด) ทางจุลชีววิทยาของน้ำบริเวณท่อระบายน้ำ	123
ค4	ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด – สูงสุด) ทางเคมีของตะกอนดินคลองโอง่าง –บางลำพู	124
ง1	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอพอสตานอล และสารประกอบ คอเลสทานอลของตะกอนดินในลำคลอง	126

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง2	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอพอสตานอลและ สารประกอบคอเลสทานอลของน้ำในท่อระบายน้ำ	126
ง3	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสเทอรอลของ ตะกอนดินในลำคลอง	127
ง4	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสเทอรอลของ น้ำในท่อระบายน้ำ	127
ง5	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลของ ตะกอนดินในลำคลอง	128
ง6	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลของ น้ำในท่อระบายน้ำ	128
ง7	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลและ สารประกอบคอเลสเทอรอลของตะกอนดินในลำคลอง	129
ง8	อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลและ สารประกอบคอเลสเทอรอลของตะกอนดินในท่อระบายน้ำ	129

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างทางเคมีสเตียรอล	4
2	โครงสร้างทางเคมีคอเลสเตอรอล	5
3	โครงสร้างทางเคมีคอพอสตานอล	6
4	โครงสร้างทางเคมีคอเลสเตทานอล	7
5	แผนที่คลองรอบกรุงรัตนโกสินทร์ (โอง่าง-บางลำพู)	16
6	พื้นที่จังหวัดนนทบุรีน้ำท่วมปี 2554	20
7	พื้นที่จังหวัดปทุมธานีน้ำท่วมปี 2554	21
8	สถานที่เก็บตัวอย่างคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู)	35
9	จุดเก็บตัวอย่างน้ำท่วม จังหวัดนนทบุรี	36
10	จุดเก็บตัวอย่างน้ำท่วม จังหวัดปทุมธานี	38
11	สารประกอบฟัลด์สเตียรอล โดยวิธี GC – FID	43
12	ระดับน้ำเฉลี่ยภายในประตูระบายน้ำคลองโอง่าง	46
13	ระดับน้ำเฉลี่ยภายในประตูระบายน้ำคลองบางลำพู	47
14	กราฟเปรียบเทียบปริมาณฝนรายเดือนปี 2554 – 2555	48
15	การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำ	54
16	การเปลี่ยนแปลงค่าความสกปรกในรูปบีโอดี	55
17	การเปลี่ยนแปลงค่าความสกปรกในรูปซีโอดี	56
18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแขวนลอย	57
19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทีเคเอ็น	58
20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน	59
21	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคอเลสเตอรอล	63
22	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคอเลสเตทานอล	65
23	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคอพอสตานอล	66
24	อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสเตทานอล	68
25	อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตอรอล	69
26	อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตทานอล	70
27	อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตทานอลและคอเลสเตอรอล	70

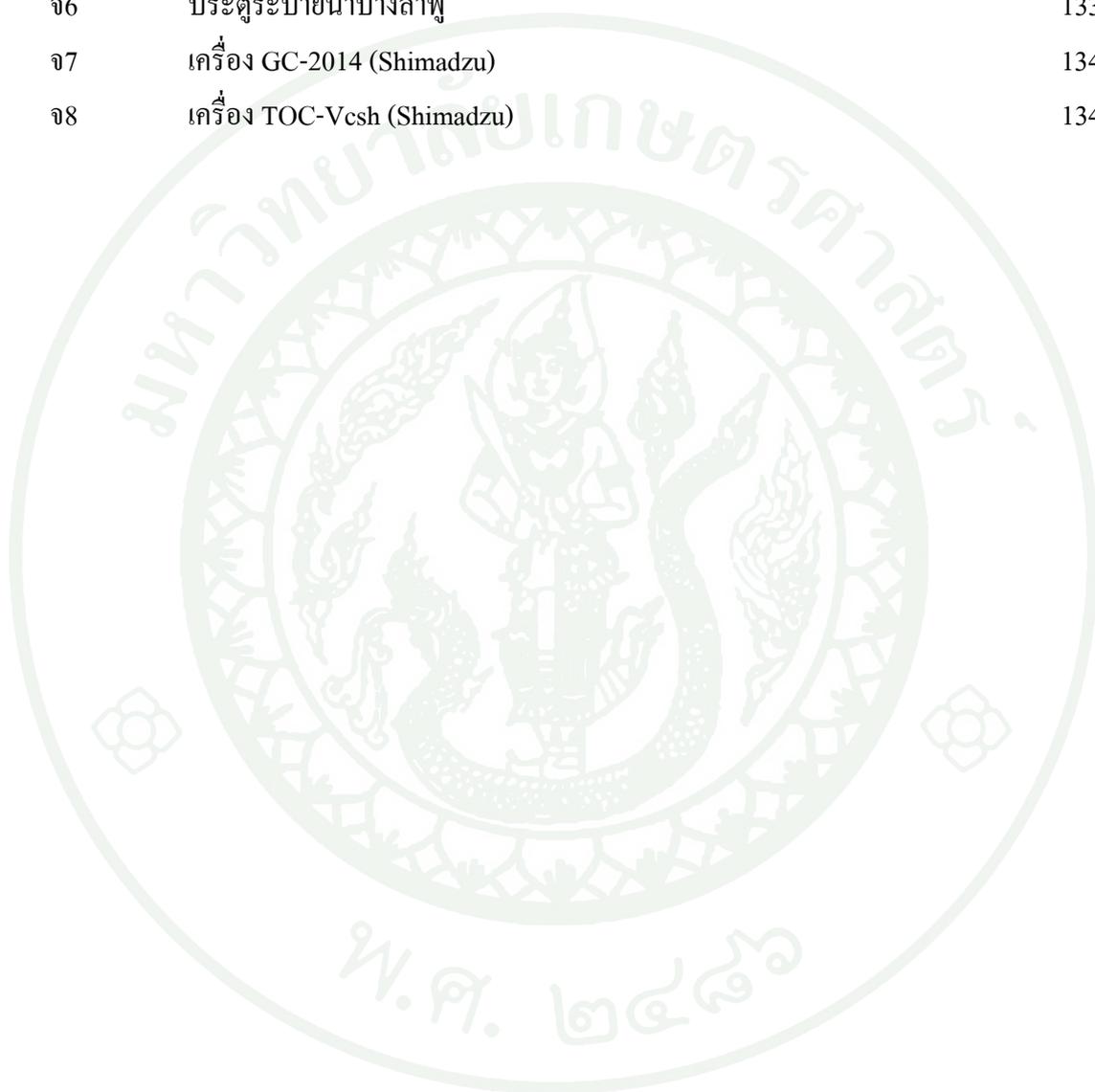
สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	สารประกอบฟัลสเดียรอลกับปริมาณน้ำภายในคลองโอง่าง	77
29	สารประกอบฟัลสเดียรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณชุมชนโอง่าง	77
30	สารประกอบฟัลสเดียรอลกับปริมาณน้ำภายในคลองบางลำพู	79
31	สารประกอบฟัลสเดียรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณชุมชนบางลำพู	79
32	สารประกอบฟัลสเดียรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณสะพานสมมตอมรรมาศ	81
33	ปริมาณสารประกอบฟัลสเดียรอล ณ แหล่งกำเนิดต่างๆ	85
34	ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสารประกอบฟัลสเดียรอล	86
35	ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟัลสเดียรอลและฟัลสโคลิฟอร์หมใน ท่อระบายน้ำ	88
36	ปริมาณสารประกอบฟัลสเดียรอลช่วงน้ำท่วมบริเวณจังหวัดนนทบุรี	92
37	ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟัลสเดียรอลและฟัลสโคลิฟอร์หม น้ำท่วมจังหวัดนนทบุรี	93
38	สารประกอบฟัลสเดียรอลช่วงน้ำท่วมบริเวณจังหวัดปทุมธานี	96
39	ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟัลสเดียรอลและฟัลสโคลิฟอร์หม น้ำท่วมจังหวัดปทุมธานี	96
40	การดูดซับสารประกอบฟัลสเดียรอลในดินไม่มีอินทรีย์วัตถุและมี อินทรีย์วัตถุในดิน	98
ภาพผนวกที่		
ก1	กราฟเส้นมาตรฐานสารประกอบคอเลสเดอรอล	109
ก2	กราฟเส้นมาตรฐานสารประกอบคอเลสทานอล	110
ก3	กราฟเส้นมาตรฐานสารประกอบคอพอสตานอล	111
จ1	ประตูระบายน้ำโอง่าง	131
จ2	จุดเก็บตัวอย่างชุมชนโอง่าง (S1)	131
จ3	จุดเก็บตัวอย่างสะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	132
จ4	จุดเก็บตัวอย่างสะพานผ่านฟ้าลีลาศ (S3)	132
จ5	จุดเก็บตัวอย่างชุมชนบางลำพู (S4)	133

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

จ6	ประตูละบายน้ำบางลำพู	133
จ7	เครื่อง GC-2014 (Shimadzu)	134
จ8	เครื่อง TOC-Vcsh (Shimadzu)	134



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CHR	=	Cholesterol
CHN	=	Cholestanol
CPN	=	Coprostanol
sBOD	=	Soluble biochemical demand
sCOD	=	Soluble chemical oxygen demand
TKN	=	Total kjeldahl nitrogen
NH ₃ -N	=	Ammonia nitrogen
TOC	=	Total organic carbon

การประเมินการปนเปื้อนอุจจาระโดยสารประกอบฟัลสเตียรอล ในคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์และพื้นที่น้ำท่วม

Assessment of Fecal Contamination using Fecal Sterol Compounds in Canals around Rattanakosin Island and Flooded Area

คำนำ

ปัจจุบันประชากรในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวนกว่า 10 ล้านคนผลิตน้ำเสียวันละประมาณ 2.4 ล้านลูกบาศก์เมตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร, 2555) น้ำเสียส่วนใหญ่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำสกปรก คลองเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียของชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปฏิกูล ที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของน้ำคลอง ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งรวมถึงมีเชื้อก่อโรคที่เจริญอยู่กับน้ำ จุลินทรีย์บางชนิดเป็นเชื้อโรคที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

จุลินทรีย์ที่เกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระ เกิดการแพร่กระจายโดยใช้น้ำเป็นสื่อกลาง ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารมีมากขึ้น เพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อโรค จึงมีการตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียที่อยู่ในอุจจาระซึ่งข้อจำกัดของเวลาที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างไว้ได้นาน และไม่สามารถจำแนกชนิดของสัตว์เลือดอุ่นที่เป็นแหล่งของการปนเปื้อนได้ (วีรานุช, 2551) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงหาวิธีการตรวจสอบทางเคมีที่สามารถแก้ไขปัญหาค่าจำกัดของเวลา ได้ข้อมูลถูกต้องและแม่นยำ โดยศึกษาหาสารประกอบฟัลสเตียรอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการย่อยสลายสารอาหารพบในลำไส้ของมนุษย์ และสัตว์เลือดอุ่น (ไก่ นก วัว หมู หนู และสุนัข) ซึ่งจะถูกขับถ่ายออกมา กับอุจจาระ โดยสามารถจำแนกชนิดของแหล่งกำเนิดได้ว่าเป็นของอุจจาระมนุษย์หรือมูลสัตว์ (Leeming *et al.*, 1996)

งานวิจัยนี้เรื่องนี้มี ความสนใจการใช้สารประกอบฟัลสเตียรอลมาประเมินคุณภาพน้ำในคลองรอบกรุง (คลองบางลำพู-คลองโอ่งอ่าง) ซึ่งเป็นคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์ ที่เป็นพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพฯ ซึ่งมีความหนาแน่นประชากรมาก ถ้ามีการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลในคลองอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยได้ การวิเคราะห์หาสารประกอบฟัลสเตียรอล โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์แบบแก๊สโครมาโทกราฟี ที่สามารถวิเคราะห์ องค์ประกอบที่ซับซ้อนในตัวอย่าง

ได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ ซึ่งให้ผลแม่นยำและเที่ยงตรง ทำให้ได้ทราบแหล่งที่มาการปนเปื้อน
อุจจาระที่ถูกต้อง ผลที่ได้คาดว่าจะพบการปนเปื้อนของอุจจาระของมนุษย์และมูลสัตว์เลื้อยคืบ
นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำท่วมใหญ่ช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน
ปี 2554 โดยใช้สารประกอบฟัลสเดียรอล ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการจัดการสิ่งแวดล้อม
แหล่งน้ำผิวดินในเขตชุมชนเมือง



วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาแหล่งที่มา และจำแนกชนิดของการปนเปื้อนอุจจาระในคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์ และน้ำท่วม โดยใช้สารประกอบฟัลสตีอโรล

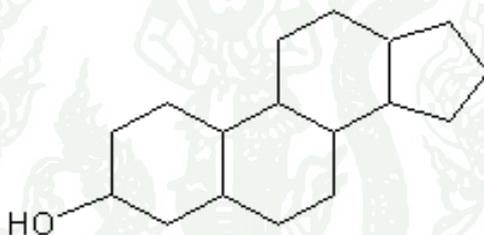
ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาบริเวณคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์ คือคลองรอบกรุง (คลองบางลำพู-คลองโอ่งอ่าง)
2. พื้นที่น้ำท่วม บริเวณจังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี
3. ตรวจสอบวิเคราะห์หาการปนเปื้อนอุจจาระโดยสารประกอบฟัลสตีอโรล
4. ศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระในคลองรอบกรุง (คลองบางลำพู-คลองโอ่งอ่าง) โดยทำการศึกษาตามฤดูกาลเป็นระยะเวลา 12 เดือน

การตรวจเอกสาร

สเตียรอยด์

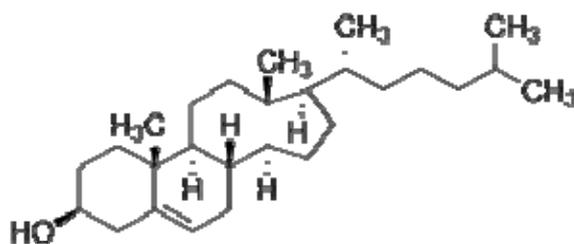
สเตียรอยด์เป็นกลุ่มสำคัญของแอลกอฮอล์สเตียรอยด์ (steroid) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของสเตียรอยด์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในพืช สัตว์ และเชื้อรา แต่พบมากในสัตว์ สเตียรอยด์เกิดจากความหลากหลายโมเลกุลของ 3-hydroxyl steroids ถ้าเกิดจากการขับถ่ายของมนุษย์และมูลสัตว์เลือดอุ่น จะเรียกว่า สารประกอบพิกัลสเตียรอยด์ (Sterol) ซึ่งจากความแตกต่างของแหล่งที่มา สามารถนำไปตรวจสอบและจำแนกแหล่งมลพิษที่เกิดจากการปนเปื้อนของอุจจาระซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคได้ Leeming *et al.* (1996) กล่าวว่า การตรวจสอบอุจจาระมนุษย์และมูลสัตว์กว่า 14 ชนิดที่พบบ่อย ทั้งในชนบทและในเมือง Nichols *et al.* (1996) กล่าวว่าคาร์บอนที่พบในอุจจาระมนุษย์นั้น ส่วนใหญ่จะเป็น C27 มากกว่า C29 (ภาพที่ 1) แสดงโครงสร้างทางเคมีสเตียรอยด์



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีสเตียรอยด์

คอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอล (ภาพที่ 2) มีสูตรโมเลกุล $C_{27}H_{46}O$ ชื่อเรียกทางเคมี 3 β -cholest-5-en-3-ol ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างทางเคมีคอเลสเตอรอล ลักษณะรูปร่างเป็นผลึกสีขาว มีความหนาแน่น 1.052 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งมีจุดหลอมเหลว 148 -150 องศาเซลเซียส จุดเดือดที่ทำให้สลายตัว 360 องศาเซลเซียส ละลายในเบนซีน อะซีโตน คลอโรฟอร์ม เฮกเซน เอทานอล เมทานอล และอีเทอร์ สามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีคอเลสเตอรอล

ที่มา: Sigma-aldrich (2012)

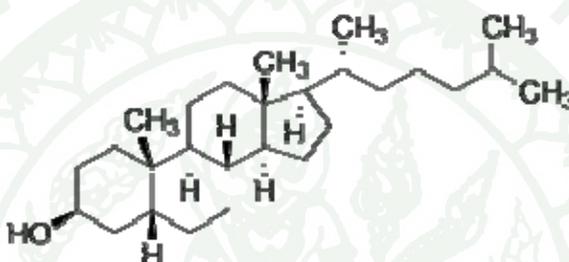
คอเลสเตอรอลเป็นโครงสร้างสำคัญของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ใช้ในการผลิตกรดน้ำดี สเตียรอยด์ฮอร์โมน และวิตามินดี สังเคราะห์ในตับเป็นส่วนใหญ่ คอเลสเตอรอลจะถูกขับจากตับผ่านลงน้ำดีไปในระบบทางเดินอาหาร ประมาณ 95% ของกรดน้ำดีจะถูกดูดซึมจากลำไส้ และส่วนที่เหลือจะถูกขับถ่ายมาในอุจจาระพบในมนุษย์ มูลสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ปีก เช่น มูลไก่ และมูลนก Nichols *et al.* (1996) กล่าวว่ามูลของนกประกอบด้วย สารประกอบ 24-เอทิลคอเลสเตอรอลสารประกอบ 24-เอทิลคอเลสเตทานอล สารประกอบ 24-คอปออสตานอล และสารประกอบคอเลสเตอรอล ซึ่งเห็นตรงกันกับ Leeming *et al.*(1996) มูลนกมีลักษณะเด่นคือสารประกอบคอเลสเตอรอล ส่วนมูลสุนัขประกอบด้วยร้อยละ 71 ของสารประกอบคอเลสเตอรอลที่เป็นลักษณะเด่นและองค์ประกอบมีโครงสร้างที่แตกต่างจากมูลแมว

คอปออสตานอล

คอปออสตานอล มีสูตร โมเลกุล $C_{27}H_{48}O$ ชื่อเรียกทางเคมี 5 β -cholestan-3 β -ol หรือ 5 β -coprostanol โครงสร้างทางเคมี (ภาพที่ 3) ซึ่งมีจุดหลอมเหลว 102 องศาเซลเซียส จุดวาบไฟไม่สามารถติดไฟได้ จะพบในมูลสัตว์บกที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น มูลวัว มูลแกะ มูลหมู และมูลนกแต่มีปริมาณน้อย Leeming *et al.*(1996) กล่าวว่า สัตว์กินพืชมีมูลที่มีส่วนของสารประกอบคอปออสตานอล เช่น มูลหมู และอุจจาระของมนุษย์ประกอบด้วยร้อยละ 60 ของสารประกอบคอปออสตานอล ส่วนมูลแมวมีองค์ประกอบเหมือนอุจจาระมนุษย์ และมูลหมู แต่ความเข้มข้นของสารประกอบคอปออสตานอลจะแตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับ Nichols *et al.* (1996) ที่กล่าวว่าสารประกอบคอปออสตานอลในอุจจาระมนุษย์มีโครงสร้างเหมือนมูลหมู และกล่าวว่าอุจจาระมนุษย์ประกอบด้วยสารประกอบคอปออสตานอล สารประกอบเอทิลคอปออสตานอล สารประกอบคอเลสเตอรอล

Isobe *et al.* (2002) กล่าวว่า คอพอสตานอลในสภาวะน้ำจะมีครึ่งชีวิต 10 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นลักษณะที่บ่งชี้มลพิษทางอุจจาระที่ชัดเจน คอพอสตานอล เป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถไหลรวมจากน้ำเสียไปเก็บสะสมอยู่ในดินหรือตะกอน โดยไม่มีการย่อยสลายอยู่ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน สามารถคงรูปอยู่ได้ 450 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส การหาคอพอสตานอล โดยการวิเคราะห์แบบก๊าซโครมาโทกราฟี

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดแบคทีเรียกับสารเคมี ผลอาจมีความผันผวนของเชื้อแบคทีเรียทางสิ่งแวดล้อม เช่น การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำ

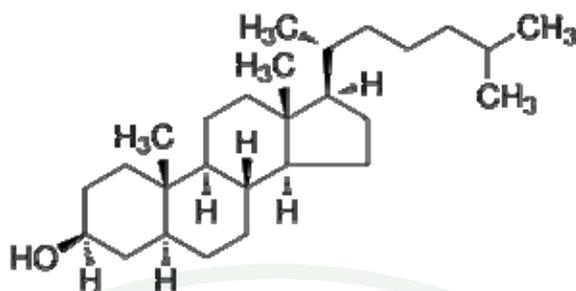


ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีคอพอสตานอล

ที่มา: Sigma-aldrich (2012)

คอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอล (ภาพที่ 4) มีสูตรโมเลกุล $C_{27}H_{48}O$ เช่นเดียวกับคอพอสตานอลแต่มีโครงสร้างต่างกัน และมีชื่อทางเคมีต่างกันคือ 5α -cholestan-3 β -ol หรือ Dihydrocholesterol beta-Cholestanol พบในมูลสัตว์กินพืชเป็นหลัก เช่น มูลวัว



ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีคอเลสเตอรอล

ที่มา: Sigma-aldrich (2012)

จุลินทรีย์กับน้ำผิวดิน

จุลินทรีย์ คือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีทั้งพวกที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งในดิน น้ำ อากาศ อาหาร ท้องทะเลลึก ปล่องภูเขาไฟ และจากภายในนอกร่างกายมนุษย์และสัตว์ จุลินทรีย์มีอยู่หลายชนิดได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย โพรทิสต์ และไวรัส ซึ่งสามารถแบ่งจุลินทรีย์ตามความสามารถในการก่อโรค คือ จุลินทรีย์กลุ่มไม่ก่อโรคและ จุลินทรีย์กลุ่มก่อโรค (สุब्ณชาติ, 2552)

น้ำผิวดิน หมายถึง น้ำฝนที่ตกลงมาสู่ผิวดินแล้วถูกเก็บในแม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ ลำธาร ทะเลและมหาสมุทร น้ำผิวดินมีความสำคัญต่อชุมชนนำมาใช้อุปโภคและบริโภค หรือชะล้างสิ่งสกปรก ยังใช้ในการประมง และคมนาคม ดังนั้นการที่จะนำน้ำผิวดินมาใช้ต้องปรับปรุงคุณภาพให้สะอาด (พัฒนา, 2546) น้ำผิวดินที่ได้รับจากน้ำฝนกับน้ำที่ผ่านพื้นดินมา จึงมีผลต่อจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์แตกต่างกัน เพราะการที่แหล่งน้ำมีแร่ธาตุสะสมก็จะมีสารอาหารปริมาณมาก ซึ่งมีผลทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตรวดเร็ว (นงลักษณ์ และปรีชา, 2552)

แบคทีเรียในน้ำ

คุณภาพน้ำทางชีวภาพ ถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะน้ำใช้อุปโภคและบริโภค การมีเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค เช่นไทฟอยด์ อหิวาตกโรค ฯ จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชากร โดยทั่วไปเชื้อแบคทีเรียที่ปนในน้ำมี 2 แบบ (สิทธิชัย, 2549)

1. แบคทีเรียในลำไส้ชนิดก่อโรค (Enteric pathogens) เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายก่อโรคในมนุษย์ สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิร่างกายปกติของคน ได้แก่ เชื้ออหิวาตกโรคหรือเชื้อ *Vibrio cholera* ถ้าผู้ป่วยถ่ายอุจจาระลงในน้ำจะทำให้เกิดการปนเปื้อน และแพร่กระจายเชื้อโรคที่เกิดจากอุจจาระกระจายไปทั่ว ซึ่งวิธีนี้ไม่นิยมตรวจเชื้อโดยตรง เนื่องจากเชื้อเหล่านี้มักอยู่ในสิ่งแวดล้อมไม่นาน และมีขั้นตอนตรวจสอบยุ่งยากและใช้เวลานาน

2. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria) แบคทีเรียพวกนี้จะอยู่ในลำไส้คนและมูลสัตว์เลือดอุ่นอยู่ร้อยละ 95 และอยู่ในดินร้อยละ 5 ซึ่งหมายความว่าโอกาสที่ถูกรับปนเปื้อนในน้ำร้อยละ 95 เช่นกัน และมีความทนกว่าเชื้อก่อโรคทางเดินอาหาร พบในมูลสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด การตรวจวิเคราะห์ง่ายกว่าพวกแรก จึงนิยมใช้เชื้อแบคทีเรียพวกนี้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น

2.1 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform bacteria) จะอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นจะปะปนมากับอุจจาระ

2.2 นอนฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Non-Fecal coliform bacteria) เป็นแบคทีเรีย กลุ่ม *Enterobacter* มักอาศัยอยู่ตามดิน เมล็ดพืช ตามพืชต่างๆ และในอุจจาระของคนและมูลสัตว์ สามารถใช้บ่งบอกดัชนีคุณภาพน้ำได้เช่นกัน (นงลักษณ์ และปรีชา, 2552)

ดัชนีแบคทีเรียตรวจสอบคุณภาพน้ำ

1. แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform bacteria)

แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดเป็นแบคทีเรียบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนอุจจาระและในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 1) และตัวอย่างสิ่งแวดล้อมซึ่งมักจะพบในสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด ที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมกับสิ่งขับถ่ายได้แก่ อุจจาระ ส่วนน้ำที่มีการปนเปื้อนเชื้อมักจะพบแบคทีเรียชนิดนี้อยู่ในปริมาณสัดส่วนโดยตรงกับอุจจาระ พบในกลุ่มแบคทีเรีย *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* และ *Klebsiella* ซึ่งลักษณะของแบคทีเรียเป็นท่อนสั้นติดสี่แตรกลม ไม่สร้างสปอร์เติบโตได้ในที่มีอากาศแบบแฟลคคัลเททิฟ และแอนแอโรบซึ่งสามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระหว่าง 24-48 ชั่วโมง ซึ่งประเมินปริมาณแบคทีเรียโดยวิธี The Most Probable Number (MPN) Test (วีรานูช, 2551)

2. แบคทีเรียโคลิฟอร์มแหล่งที่มาจากอุจจาระ (Fecal coliform bacteria)

แบคทีเรียโคลิฟอร์มแหล่งที่มาจากอุจจาระแสดงความจำเพาะต่อแบคทีเรียที่มาจากของมูลสัตว์เลือดอุ่นเท่านั้น ส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อ *E. coli* ว่าง้อยละ 95 เป็นแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (สิทธิชัย, 2549) *E. coli* มักอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์ซึ่งเป็นดัชนีเนื่องจากแตกต่างไปจากสมาชิกในกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอื่นๆ อย่างไรก็ตามไม่สามารถบอกความแตกต่างของแหล่งการปนเปื้อนระหว่างมนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้ (วีรานูช, 2551) เป็นดัชนีที่ใช้บอกคุณภาพน้ำผิวดิน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
		ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท
		1	2	3	4	5
สี กลิ่นและรส	-	ช	ช	ช	ช	-
อุณหภูมิ	°ซ	ช	ช	ช	ช	-
ความเป็นกรดและด่าง	-	ช	5-9	5-9	5-9	-
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	ช	5.0	4.0	2.0	-
บีโอดี	มก./ล.	ช	1.5	2.0	4.0	-
แอมโมเนีย	มก./ล.	ช		0.5		-
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	MPN/100ml					
Total coliform			≥ 5,000	≥20,000	-	-
Fecal coliform			≥ 1,000	≥ 4,000	-	-

หมายเหตุ ช เป็นไปตามธรรมชาติ

ช อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติ 3 องศาเซลเซียส

การแบ่งประเภทน้ำผิวดิน แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อก่อน
2. การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตพื้นฐาน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

3. การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
- ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถ
เป็นประโยชน์เพื่อ
1. การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุง
คุณภาพน้ำก่อน
 2. การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
 3. การประมง
 4. การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
- ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็น ประโยชน์เพื่อ
1. การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุง
คุณภาพน้ำก่อน
 2. การเกษตร
- ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็น
ประโยชน์เพื่อ
1. การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุง
คุณภาพน้ำเป็นพิเศษ
 2. การอุตสาหกรรม
- ประเภทที่ 5 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์
เพื่อคมนาคม

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2555)

ตารางที่ 2 มาตรฐานคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ	DO (mg/l)	Coliform MPN/100 ml
การประปา	4.0	2,000 fecal; 10,000 total
การพักผ่อนที่มีการสัมผัสน้ำ	4.0-5.0	เฉลี่ย 1,000 (200 fecal) และ 10% ของเฉลี่ย ตัวอย่างไม่เกิน 2,000 (400 fecal)
แพร่ขยายพันธุ์สัตว์น้ำ	4.0-6.0	เฉลี่ย 5,000
การอุตสาหกรรม	3.0-5.0	-
การเกษตรกรรม	3.0- 5.0	-
การประมง	4.0- 6.0	เฉลี่ย 70 และ 10 % ของตัวอย่างไม่เกิน 230

ที่มา: Hammer (1997); สิทธิชัย (2549)

โรคที่เกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระ (คณาจารย์ชมรมเด็ก, 2542)

1. โรคอุจจาระร่วง (Diarrhea)

โรคอุจจาระร่วง หรือ ที่นิยมเรียกว่า โรคท้องเดิน ท้องเสีย ซึ่งมีลักษณะอาการของผู้ป่วย ถ่ายอุจจาระเหลว หรือมูกเลือด เป็นอาการกลุ่มโรคระบบทางเดินอาหารที่สามารถติดต่อได้รวดเร็ว เกิดขึ้นได้ทุกฤดูกาล โดยเฉพาะฤดูร้อน โรคนี้สามารถเกิดได้ทุกเพศทุกวัย ถ้าเกิดขึ้นในเด็กจะมีอาการรุนแรงมากกว่าผู้ใหญ่และ โอกาสเสี่ยงในการตายสูง

สาเหตุโรคอุจจาระร่วง เกิดจากการรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือนมที่มีเชื้อปนเปื้อนอุจจาระร่วงอยู่ จึงทำให้เกิดการติดเชื้อโรคหรือพิษของเชื้อโรค เช่น ไวรัส เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อปรสิตทั้งพวกหลายเซลล์ได้แก่ พยาธิ และพวกเซลล์เดียว ซึ่งถ้าเข้าไปทางปากแล้วเชื้อจะแพร่ไปสู่ระบบทางเดินอาหาร เช่น *Enteropathogenic Escherichia coli*

ที่มาของโรค ได้แก่ ผู้ที่มีเชื้อโรคปะปนออกมากับอุจจาระหรือผู้เป็นพาหะนำโรค ซึ่งการติดต่อ เกิดจากการรับเชื้อโรคที่ปะปนออกมากับอุจจาระของผู้ป่วยแล้วกระจายอยู่ในแหล่งน้ำหรือตามพื้นดิน ซึ่งสามารถติดต่อโดยการรับประทานและดื่มน้ำที่มีเชื้อโรค เช่น การที่มีส้วมไม่ถูก

สุขลักษณะ ถ้าผู้ป่วยที่เป็นพาหะไปถ่ายอุจจาระไว้ น้ำที่ถูกชะล้างแพร่กระจายไปสู่คลอง และแม่น้ำ ก็ทำให้เชื้อกระจายไปแหล่งน้ำ โดยมีน้ำเป็นสื่อกลางในการแพร่กระจายเชื้อโรค

2. โรคอาหารเป็นพิษ (Food poisoning)

โรคอาหารเป็นพิษที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากการรับประทานอาหารที่มีเชื้อโรคปนเปื้อน

2.1 อาหารเป็นพิษเกิดจากคลอสตริเดียม โบทูลินุม (*Clostridium Botulinum food poisoning*) ซึ่งสามารถพบโรคนี้ได้จากเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร ทำให้เกิดอาการท้องเดินแต่ไม่อาเจียน ผู้ป่วยอาจถึงเสียชีวิตภายใน 3 -7 วัน เชื้อโรคพบได้ในลำไส้ของมนุษย์ ไก่ นกยูง ม้า โค แพะ และแกะ ยังสามารถพบเชื้อนี้ในน้ำและดิน

2.2 โรคอาหารเป็นพิษเกิดจากเชื้อวิบริโอ พาราฮีโมไลติคัส (*Vibrio Parahemolyticus Food poisoning*) ซึ่งเป็นเชื้อโรคเกิดตามธรรมชาติจะมีอยู่ตามชายฝั่งทะเล พบในปลา หอยและปู ซึ่งมีการปนเปื้อนเชื้อโรคเหล่านี้ เมื่อนำอาหารที่ทำจากสัตว์เหล่านี้มาบริโภคแบบดิบ หรือสุก จะทำให้ได้รับเชื้อนี้ แต่โรคนี้จะไม่ติดต่อโดยตรงจากมนุษย์สู่มนุษย์

2.3 โรคอาหารเกิดจากเชื้อซาลโมเนลล่า (*Salmonella Gastroenteritis*) พบได้ทั่วโลก แต่ที่พบมากในทวีปอเมริกาเหนือ และยุโรป ลักษณะอาการแสดงไม่เห็นชัดเจน แต่การติดเชื้อที่แฝงไม่แสดงอาการให้เห็นเป็นจำนวนมาก การติดเชื้อเกิดจากการรับประทานที่ปนเปื้อนเชื้อโรคหรือเกิดจากการสัมผัสกับอุจจาระของผู้ป่วย รวมทั้งได้รับเชื้อจากสัตว์เลี้ยงที่ติดเชื้อโรคนี้ เช่น แมว กระต่าย โค กระบือ แพะ แกะ และสัตว์ปีกสามารถก็เป็นพาหะของโรคนี้ด้วยเช่นกัน

3. โรคบิด (Dysentery)

โรคบิดเกิดจากการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร พบในประเทศที่มีการสาธารณสุข และสุขาภิบาลไม่ดี แบ่งเป็น 2 ชนิด

3.1 บิดอะมีบิก ผู้ป่วยซึ่งมีเชื้อปราสิทหรือโปรโตซัว ชนิดเอนทามีบ่า ฮิลโทไลทิกา (*Entamoeba histolytica*) อาศัยอยู่ในร่างกายของมนุษย์และผู้ที่เป็นบิดจะปล่อยเชื้อนี้ระยะชีวิตออกมาพร้อมอุจจาระ

3.2 โรคบิดบาซิลลารี เกิดจากแบคทีเรีย ชิเกลลา (*Shigella*) อยู่ในอุจจาระของผู้ที่เป็นพาหะซึ่งเป็น แหล่งของเชื้อโรคที่สำคัญ รวมทั้งสัตว์เลี้ยง ซึ่งโรคบิด 2 ชนิดติดต่อโดยการรับเชื้อจากน้ำดื่มที่มีเชื้อโรค ตัวบิดสามารถแพร่กระจายไปทางน้ำ เช่นการที่ผู้ป่วยถ่ายอุจจาระลงไปทำให้มีเชื้อบิดปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งทำให้สามารถรับเชื้อบิดได้

4. ไข้รากสาคน้อย หรือ ไทฟอยด์ (Typhoid Fever)

ไข้รากสาคน้อย หรือไทฟอยด์ เกิดจากระบบทางเดินอาหารซึ่งสามารถพบได้ทุกแห่ง ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศที่พัฒนาแล้วจะพบโรคนี้เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ซัลโมเนลลา ไทฟี (*Salmonella Typhi*) ที่มาของแหล่งกำเนิดของโรค ได้แก่ มนุษย์หรือผู้ที่เป็นป่วยเป็นผู้ที่เป็นพาหะพบโรคนี้ในอุจจาระมากกว่าปัสสาวะ เชื้อโรคจะเข้าสู่ผู้อื่นทางระบบทางเดินอาหาร

5. อหิวาตกโรค (Cholera)

โรคอหิวาตกโรคสามารถติดต่อร้ายแรงและระบาดได้อย่างรวดเร็ว เกิดในชุมชนที่มีประชากรอยู่อย่างแออัด และมีน้ำใช้อุปโภคและบริโภคที่ไม่สะอาด ไม่มีส้วมที่ถูกสุขลักษณะ สาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย วิบริโอ คอเลอริ (*Vibrio Cholerae*) ที่เกิดกับลำไส้เล็กโดยเชื้อแบคทีเรีย เกิดได้ทุกเพศทุกวัยแต่พบในเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปี เกิดในช่วงฤดูร้อน แหล่งของโรค ได้แก่ มนุษย์หรือผู้ป่วยที่มีเชื้อโรคอยู่ในร่างกาย และผู้ที่เป็นพาหะของโรค เชื้อสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการดื่มน้ำและกินอาหารที่มีเชื้ออหิวาห้ปะปน หรือมีแมลงวันบินไปตอมอุจจาระผู้ป่วยแล้วมาตอมอาหาร

6. กาฬโรค (plague)

โรคงาฬโรคเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น เกิดขึ้นในหนูก่อนแล้วจึงติดต่อสู่คน โดยมีหมัดหนูเป็นพาหะ เกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่มีชื่อว่า พาสเทอเรลล่า เพสทิส (*Pasteurella Pestis*) เชื้อโรคที่สำคัญได้แก่ หนู รวมทั้งสัตว์ที่ชอบแทะในป่า เช่น กระต่าย แมว และพังพอน จะเกิดระบาดในสัตว์ชอบแทะแล้วระบาดมาสู่หมู่บ้าน และระบาดสู่มนุษย์โดยมีหมัดหนูเป็นพาหะนำโรค อาจติดต่อระหว่างสัตว์ป่ากับมนุษย์ หรือสามารถเกิดระหว่างมนุษย์กับมนุษย์

7. โรคไข้รากสาดใหญ่ หรือ ไทฟัส (Typhus Fever)

ไข้รากสาดใหญ่ชนิดมีหมัดหนูเป็นพาหะ เป็นโรคระบาดได้ทั่วโลก ในแหล่งที่มีหนูชุกชุมพบมากในอเมริกาเป็นส่วนใหญ่ มักเกิดในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง เชื้อที่ทำให้เกิดโรค จะมีหมัดหนูเป็นพาหะ เกิดจากเชื้อ ริกเกตเซีย ไทฟัส (*Rickettsia prowazeki*) เชื้อโรคจะอยู่ในหมัดของหนู และการติดเชื้อมีของหนูจะไม่แสดงออกแต่สามารถแพร่เชื้อได้ หมัดหนูมีชื่อว่า ซีนอพซิลลา เชื้ออโฟซิส (*Xenopsylla cheopis*) ยังเกิดในแมว และสัตว์ป่า

8. โรคพยาธิไส้เดือน (Ascariasis)

โรคพยาธิไส้เดือน พบได้ในประเทศเขตร้อนที่มีอากาศและพื้นที่ชุ่มชื้น ส่วนใหญ่เกิดที่ประชาชนยากจนและขาดความรู้และขาดความสามารถความรู้ด้านสุขาภิบาลไม่ดี เช่น ไม่มีส้วมที่ถูกสุขลักษณะ เชื้อโรค ได้แก่ หนอนพยาธิชนิด แอสคาริส ลุมบริคอยดิส (*Ascaris lumbricoides*) ซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้เล็กเล็ก ตัวเมียสามารถออกไข่ได้ประมาณ 200,000 ฟองต่อหนึ่งวัน ไข่อาจอยู่ได้นานเป็นเดือนหรือปีถือเป็นโรคพยาธิเรื้อรังที่อาศัยอยู่ในลำไส้ แหล่งของโรคได้แก่มนุษย์หรือผู้ที่มีพยาธิไส้เดือนอยู่ในร่างกาย

9. โรคพยาธิปากขอ (Hookworm disease or ancylostomiasis)

โรคพยาธิปากขอ เกิดในประเทศเขตร้อน หรือกลุ่มประเทศด้อยพัฒนา ที่กำจัดอุจจาระไม่ถูกสุขาภิบาล ประเทศไทยป่วยเป็นโรคนี้อันดับ 1 มีปริมาณร้อยละ 27 เพราะชานาชอบถ่ายอุจจาระตามพื้นดิน ไม่นิยมสวมรองเท้า มักระบาดทางภาคใต้มากที่สุด รองลงมาภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เชื้อโรคนี้มักจะพบได้มากในประเทศไทยคือเชื้อมะนิลาทอร์ อเมริกันัส (*Necator americanus*) พบในมนุษย์หรือผู้ที่มีพยาธิปากขออาศัยอยู่ในร่างกาย ไข่พยาธิจะปนออกมากับอุจจาระ ถ้ามีคนมาเดินเหยียบ ตัวอ่อนจะไชทะลุผิวหนังเข้าสู่ร่างกาย ตัวอ่อนจะผ่านทางน้ำเหลือง เข้าไปส่วนต่างๆ ของร่างกาย

10. โรคพยาธิใบไม้ในตับ (Opisthorchiasis)

โรคพยาธิใบไม้ในตับ พบในภาคอีสาน และพบเล็กน้อยทางภาคเหนือ แต่พบได้ในภาคใต้ ซึ่งจะตรวจพบมากในประชากรที่ประกอบอาชีพการเกษตร เกิดจากนิยมนับถ่ายอุจจาระตามที่สาธารณะหรือพุ่มไม้ ไข่พยาธิถูกพาส่งไปที่แหล่งน้ำโดยมีตัวกลางเป็นหอย และปลาต่างๆ เชื้อที่ทำให้เกิดโรคในประเทศไทย ลาวและเวียดนาม มีชื่อว่า *Opisthorchis viverrini* แหล่งของโรคได้แก่ มนุษย์หรือผู้

ที่มีพยาธิใบไม้ตับ รวมทั้งสัตว์ที่เป็นตัวกักตุนโรค และมีปริมาณใกล้เคียงกับมนุษย์คือสุนัข และแมว ตัวแก่พยาธิผสมพันธุ์แล้วจะออกไข่ ไข่จะออกมาทับท่อน้ำดีลงสู่ลำไส้และถูกขับออกพร้อมอุจจาระ

11. โรคพยาธิใบไม้ในลำไส้ (Fasciolopsiasis)

โรคพยาธิใบไม้ลำไส้สามารถตรวจพบลำไส้เล็ก ในมนุษย์และสุกร มีมากในแถบภาคกลางเช่น กรุงเทพฯ ออยุธยา อ่างทอง นครปฐม ฯ ส่วนใหญ่จะเกิดช่วงที่มีน้ำท่วมในฤดูฝนประมาณเดือนมิถุนายน-ตุลาคม เกิดจากพยาธิชนิด ฟัสซิโอลอพซิส บุสไก (*Fasciolopsis buski*) ซึ่งเกิดในมนุษย์หรือผู้ที่มีพยาธิในเลือดอยู่ในร่างกาย ยังพบในสุนัขและสุกร เมื่ออุจจาระของสุกรที่มีพยาธิปะปนอยู่ในลำไส้ไปสู่แหล่งน้ำ เมื่อตัวแก่ของพยาธิออกไข่ ไข่จะปะปนออกมากับอุจจาระ

12. โรคพยาธิตืด-กระบือ (Taeniasis saginata)

โรคพยาธิตืด-กระบือ เกิดจากเชื้อ ทีเนีย ซากินาตา (*Taeniasis saginata*) การแพร่ระบาดของโรคเกิดจากการสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมไม่ดี ไข่พยาธิที่ตืดออกมากับอุจจาระปะปนอยู่ตามทุ่งหญ้า ถ้าสัตว์ออกมาหากินเอง เช่น โค กระบือ หรือสุกร มากินอุจจาระหรือกินไข่พยาธิ จึงได้รับพยาธิเข้าสู่ร่างกาย โรคนี้เกิดจาก ได้แก่ มนุษย์หรือผู้ที่มีพยาธิตืดโค-กระบือที่อาศัยอยู่ในร่างกาย ไข่ของพยาธิตัวตืดโค-กระบือ จะไม่ติดต่อกับมนุษย์สู่มนุษย์ ส่วนไข่ของพยาธิตืดสุกร สามารถติดต่อกับมนุษย์ไปสู่มนุษย์

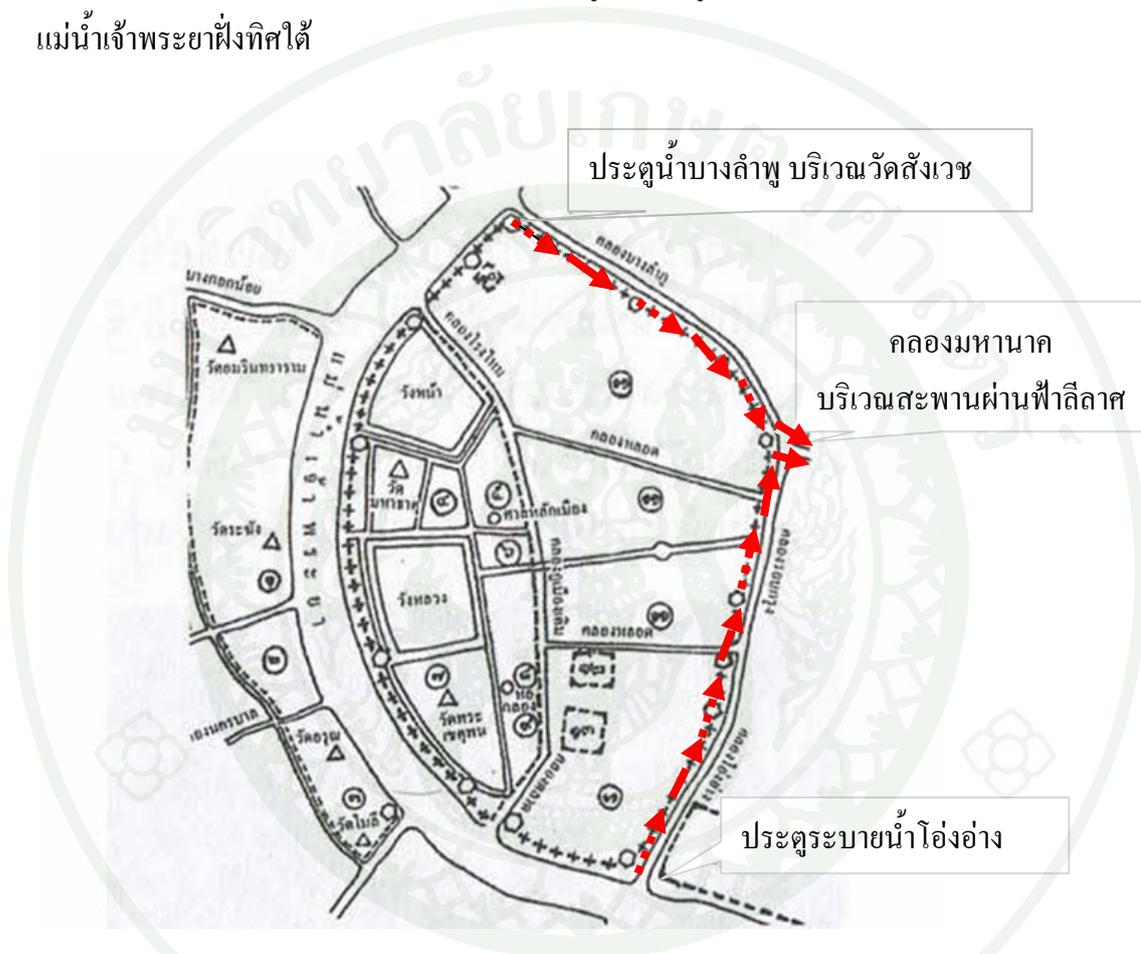
นอกจากนี้ยังพบพยาธิอื่นๆ เช่น โรคพยาธิตืดแคระ (*Hymenolepiasis nana*) ซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และหนู โรคพยาธิตืดหนู (*Hymenolepiasis diminuta*) พบในหนูขาวใหญ่ (rat) และหนูขาวเล็ก (mouse) และในคน โรคพยาธิตืดสุนัข (*Dipylidiasis*) อยู่ในลำไส้สุนัขและแมว

ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

คลองรอบกรุงรัตนโกสินทร์ ตั้งอยู่ในเขตพระนคร กรุงเทพมหานคร เดิมชื่อคลองโองอ่าง-คลองบางลำพู คลองรอบกรุงขุดขึ้นในสมัยพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก ลักษณะคลองมีคอนกรีตสองข้างตลอดแนวใช้เป็นคลองระบายน้ำ ระยะทาง 3.45 กิโลเมตร (วิกิพีเดีย สารานุกรม, 2556) ใช้สำหรับระบายน้ำฝน และน้ำหลาก คลองทั้งสองมีลักษณะเชื่อมต่อกันตรงสะพานผ่านฟ้าลีลาศ ปากคลองทั้งสองด้านติดแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งมีประตูระบายน้ำปิดกั้น ซึ่งทั้งบริเวณสองฝั่งของคลองมีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่น เช่น ชุมชนโองอ่าง ชุมชนบางลำพู และยังเป็นย่านธุรกิจการค้า เช่น โบ้เบ๊ เขาวราชพารุ์ด และท่าพิง

1. ที่ตั้งและอาณาเขต

คลองบางลำพูเริ่มจากปากคลองประดูระบายน้ำบางลำพูด้านทิศเหนือแม่น้ำเจ้าพระยา ตรงบริเวณวัดสังเวชวิทยารามถึงปากคลองมหานาคตรงบริเวณสะพานผ่านฟ้าลีลาศ และคลองโง่งอ เริ่มจากปากคลองมหานาคที่ต่อจากคลองบางลำพู ถึงประตูระบายน้ำโง่งอปลายปลายคลองด้าน แม่น้ำเจ้าพระยาฝั่งทิศใต้



หมายเหตุ สัญลักษณ์ลูกศรทิศทางการไหลของน้ำ →

ภาพที่ 5 แผนที่คลองรอบกรุงรัตนโกสินทร์ (โง่งอ-บางลำพู)

ที่มา: อาลี (2556)

2. ลักษณะกายภาพ

จากข้อมูลระดับน้ำทะเลปานกลางในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 3 คลองรอบกรุง (โองอ่าง - บางลำพู)

ชื่อคลอง	จาก	ถึง	กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	ระดับขุดลอก (รทก.)
คลองโองอ่าง	แม่น้ำเจ้าพระยา	คลองมหานาค	8-12	1,900	-2.00
คลองบางลำพู	คลองมหานาค	แม่น้ำเจ้าพระยา	20-22	1,550	-2.50

ที่มา: สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2555)

3. ข้อมูลอุทกศาสตร์

คลองรอบกรุงได้มีประตูระบายน้ำ 2 ด้าน โดยประตูระบายน้ำบางลำพู (สูบออก) มีขนาดความกว้างของประตู 2.45 เมตร สูง 3.85 เมตร ลักษณะประตูระบายน้ำเป็นแบบปีกผีเสื้อมี 2 บาน ปิดและเปิดในแนวระนาบ ส่วนประตูระบายน้ำโองอ่าง (สูบเข้า) ความกว้าง 2.5 เมตร สูง 3.8 เมตร ลักษณะประตูเหมือนกัน เวลาปิด-เปิดประตูระบายน้ำเป็นระดับ แต่ขึ้นอยู่กับกองระบายอาคารบังคับน้ำ

ตารางที่ 4 แผนการเปิดประตูควบคุมระดับน้ำ

ประตูระบาย น้ำ (ปตร.)	กำลังสูบรวม (เมตรต่อ วินาที)	ระดับน้ำ เตือนภัย (ม.กทม.)	ระดับน้ำ วิกฤต (ม.กทม.)	แผน ก ระดับน้ำ	แผน ข ระดับน้ำ	แผน ค ระดับน้ำ
โอง่าง	1.5	+0.7	+0.9	-0.2 -0.0	0.0 -+0.2	+0.3 -+0.1
บางลำพู	0.5	+0.7	+0.9	-0.2 -0.0	0.0 -+0.2	0.5

หมายเหตุ ปตร. โอง่างสูบน้ำเข้าและออก ปตร. บางลำพูสูบน้ำออก

การแบ่งระดับน้ำควบคุมออกเป็น 3 แผน

แผน ก สถานะอากาศส่อว่าจะมีฝน

แผน ข สถานะอากาศปกติ

แผน ค การถ่ายเทน้ำเสีย

ที่มา: สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2555)

4. สภาพภูมิอากาศ

ภูมิอากาศบริเวณกรุงเทพมหานคร ลักษณะร้อนชื้น มีอิทธิพลลมมรสุม 2 แบบ ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งทำให้มี 3 ฤดูกาล ได้แก่

ฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม

ฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน

ฤดูหนาว ระหว่างเดือนตุลาคม ถึง เดือนมกราคม

จึงทำให้อุณหภูมิในฤดูแตกต่างกันโดยค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 39.2 องศาเซลเซียส และต่ำสุดเท่ากับ 20.4 องศาเซลเซียส และปี 2554 ประเทศไทยเจอพายุหมุนเขตร้อนถึง 5 ลูก ได้แก่ พายุโซนร้อนไหหม่า (HAIMA, 1104) พายุโซนร้อนนกเตน (NOCK-TEN, 1108) พายุโซนร้อนเนสาด (NESAT, 1117) พายุโซนร้อนไหถ่าง (HAITANG, 1118) และได้ฝุ่นนาลแก (NALGAE, 1119) จึงทำให้ฝนตกหนัก และเกิดอุทกภัยในหลายพื้นที่รวมทั้งกรุงเทพมหานครบางเขตที่เกิดน้ำท่วม แต่เขตพระนครไม่ได้ผลกระทบที่เกิดจากน้ำท่วม แต่มีการพร่องน้ำเพื่อรองรับสถานการณ์อุทกภัยในครั้งนี้เช่นกัน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554)

5. พื้นที่ที่ศึกษากรณีน้ำท่วมในปี 2554

น้ำท่วมในปี 2554 เนื่องจากประเทศไทยมีมรสุมที่เกิดจากพายุฝนพัดลง ส่งผลทำให้มีปริมาณน้ำฝนทางตอนเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศมากกว่าปกติ ทำให้หลายพื้นที่เกิดน้ำท่วมเนื่องจากเขื่อนส่วนใหญ่มีระดับน้ำภายในเกินความจุของเขื่อน จึงจำเป็นต้องระบายน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อหลายพื้นที่ของประเทศ (วิกิพีเดีย, 2554) โดยเฉพาะภาคกลางเป็นที่ราบลุ่มมีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านหลายจังหวัดทำให้ประสบปัญหาน้ำท่วมฉับพลัน ประเทศไทยประสบน้ำท่วมรวมทั้งหมด 65 จังหวัด ซึ่งมีพื้นที่ที่น้ำท่วมได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 สาเหตุ

5.1 ธรรมชาติ

ปริมาณการสะสมมีปริมาณการสะสมสูงกว่าปกติร้อยละ 35 ซึ่งเนื่องมาจากปรากฏการณ์ลานีญาที่เกิดขึ้นทำให้ฝนมาเร็วกว่าเดิมโดยเริ่มตั้งแต่มีนาคม 54 และเดือนเมษายน 54 มีปริมาณฝนสูงกว่าเดิม และพายุปี 2554 มีทั้งหมด 5 ลูกได้แก่ พายุโซนร้อนไหหม่าซึ่งพบว่าเริ่มมีฝนตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายน 54 ส่วนพายุฝนเริ่มปลายเดือนกรกฎาคม 54 หลังจากนั้นพายุไต้ฝุ่นที่มีปริมาณน้ำฝนมากภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณแม่น้ำโขง ช่วงปลายเดือนกันยายนมีพายุเฮอร์ริเคนทำให้ฝนตกบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศ และพายุเฮอร์ริเคนทำให้เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้ฝนตกบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออก ช่วงต้นเดือนตุลาคม 54 (ไทยวอเตอร์, 2556)

5.2 กายภาพ

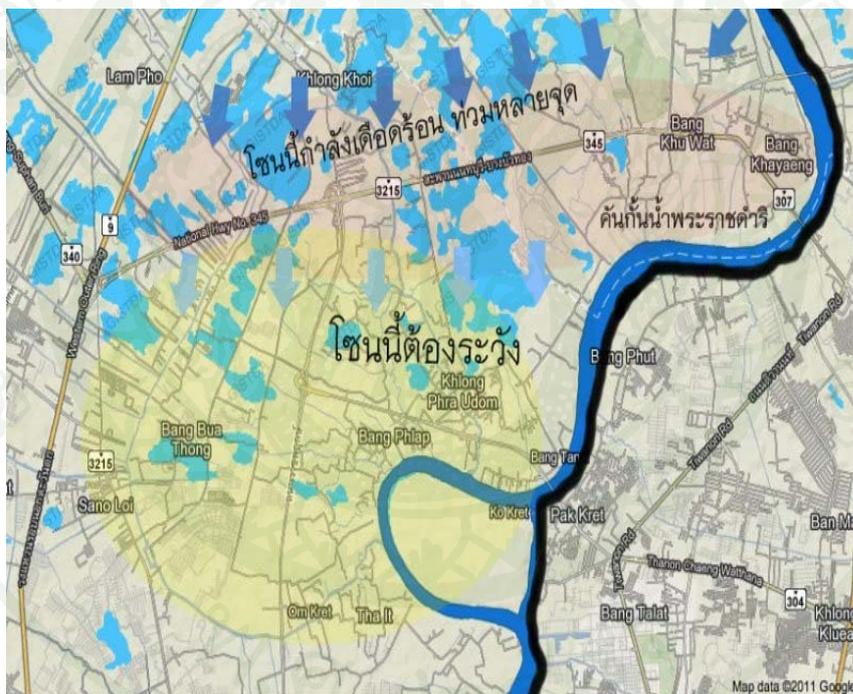
ป่าไม้มีปริมาณลดลง โดยเฉพาะพื้นที่ต้นน้ำและความไม่พร้อมรับมือสถานการณ์น้ำฝนในปัจจุบัน (ไทยวอเตอร์, 2556) ประกอบกับพื้นที่ภาคกลางส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำและพื้นที่ภูมิประเทศตอนบนจะไหลเป็นลุ่มน้ำที่กว้างและไหลเทไปทางตอนล่างที่เป็นที่เป็นลุ่มต่ำซึ่งทำให้พื้นที่ตอนล่างน้ำท่วมและขังเป็นเวลานาน (อิริคจูฟา, 2556)

สถานที่ศึกษาน้ำท่วม

พื้นที่ศึกษาน้ำท่วมมี 2 จังหวัดคือ จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี

จังหวัดนนทบุรี

จังหวัดนนทบุรี มีพื้นที่ติดกับกรุงเทพฯ (ภาพที่ 6) ซึ่งมีน้ำท่วมทั้งหมด 6 เขต ได้แก่ อำเภอเมืองนนทบุรี อำเภอบางใหญ่ อำเภอปากเกร็ด อำเภอบางบัวทอง อำเภอบางกรวย อำเภอไทรน้อย แต่พื้นที่ที่ได้รับวิกฤตน้ำท่วมมาก ได้แก่ เกาะเกร็ด บางบัวทอง ไทรน้อย บางกรวย ปากเกร็ด อำเภอบางใหญ่ และอำเภอเมืองนนทบุรี ซึ่งพบว่าบางพื้นที่ระดับน้ำสูง 1-1.5 เมตร



ภาพที่ 6 พื้นที่จังหวัดนนทบุรีน้ำท่วมปี 2554

ที่มา: นรินาม (2556)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nguyen *et al.* (2007) ได้ศึกษาหาสารประกอบฟัลลิสเตียรอล สารประกอบคอปอستانอล สารประกอบคอเลสทานอล และสารประกอบคอเลสเตอรอลในตะกอนที่ปนเปื้อนอุจจาระในท่อระบายน้ำ และโรงบำบัดน้ำเสียในกรุงเทพฯ ซึ่งพบสารประกอบคอปอستانอล 0.01 ถึง 278 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระที่โรงบำบัดรัตนโกสินทร์ จุดเก็บตัวอย่างน้ำขาออก และถังตกตะกอนขั้นแรก พบสารประกอบคอปอستانอลมีปริมาณ 69 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และ 250 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง สารประกอบคอเลสทานอลมีปริมาณ 95 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และ 64 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง ส่วนสารประกอบคอเลสเตอรอลมีปริมาณ 37 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และ 147 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วน Moon *et al.* (2008) ศึกษาการปนเปื้อนของตะกอนในโรงบำบัดน้ำในเบย์แซน ประเทศเกาหลีซึ่งพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟัลลิสเตียรอล 1,021 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมแห้ง และหาความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างสารประกอบ ฟัลลิสเตียรอล กับปริมาณคาร์บอนทั้งหมด พบว่ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติแบบมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) ส่วน Furtula *et al.* (2011) ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบสเตียรอยด์ 14 ชนิดในโรงบำบัดน้ำเสียในบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทมิเตอร์ พบว่าตัวอย่างน้ำทิ้งที่เก็บจากโรงบำบัดน้ำเสียพบมากที่สุดคือ สารประกอบคอเลสเตอรอล และสารประกอบคอปอستانอลมีค่าอยู่ในช่วง 459.24-1,061.03 และ 393.92-913.68 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากบำบัดแล้วน้ำที่ปล่อยออกมีสารประกอบคอเลสเตอรอลและสารประกอบคอปอستانอล 1.83-114.31 และ 2.00-99.84 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่าโรงบำบัดน้ำเสียสามารถบำบัดการปนเปื้อนอุจจาระลดลงร้อยละ 80-100 ผลการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำเสียที่นำมาวิเคราะห์มีการปนเปื้อนอุจจาระที่มีความคล้ายคลึงกัน และการศึกษาหาอัตราส่วนของสารประกอบสเตียรอยด์สามารถบ่งชี้การปนเปื้อนอุจจาระและระบุแหล่งที่มาของการปนเปื้อนได้

Nichols *et al.* (1996) กล่าวว่าในน้ำเสียที่ปล่อยออกที่เมือง Penrith ประเทศออสเตรเลียมีการปนเปื้อนอุจจาระที่มีความแตกต่างกันซึ่งสามารถตรวจพบสารประกอบคอปอستانอลมากที่สุด รองลงมาสารประกอบคอเลสเตอรอล สารประกอบ 24-เอซิลคอปอستانอล และสารประกอบ 24-เอซิลคอเลสเตอรอล ตามลำดับ และกล่าวว่าความเข้มข้นของสารประกอบคอปอستانอลมีค่าประมาณ 740 นาโนกรัมต่อกรัม แต่เมืองซิดนีย์มีค่าสารประกอบคอปอستانอลอยู่ในช่วง 200-400 นาโนกรัมต่อกรัม Carreira *et al.* (2004) ทำการศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระในน้ำเสียบริเวณปากแม่น้ำประเทศบราซิล รวมทั้งสิ่งปฏิกูลในอุตสาหกรรม และการเกษตร โดยใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซ

โครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทมิเตอร์ พบการปนเปื้อนของสารประกอบคอพอสตานอลในตะกอน พบว่ามีค่าสูงสุด 40.00 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วน Chan *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษาการกระจายตัวของสารประกอบฟัลคอสตานอล และสารประกอบฟัลคอสเตียรอลในตะกอนของน้ำชายฝั่งตะกอนที่ทิ้งน้ำเสียจากเทศบาลในภาคตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศฮ่องกงปี 1991 ซึ่งตรวจพบสารประกอบคอพอสตานอลอยู่ในช่วง 0.34-5.09 ไมโครกรัมต่อกรัม สารประกอบคอเลสทานอล 0.65-3.87 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบคอเลสเตอรอล 0.64-3.92 ไมโครกรัมต่อกรัม

ส่วน Sojini *et al.* (2012) ศึกษาปรากฏการณ์ในตะกอนดินในสามเหลี่ยมปากแม่น้ำไนเจอร์ ประเทศไนจีเรียและประเมินผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ของของสารประกอบฟัลคอสเตียรอล 8 ชนิดอยู่ในช่วง 133-2,036 นาโนกรัมต่อกรัม และสารประกอบอัลคีน 28 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 474-79,205 นาโนกรัมต่อกรัม พบว่าตะกอนดินสามารถใช้ติดตามการปนเปื้อนอุจจาระ Gilli *et al.* (2006) ศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระ เพื่อหาสารประกอบคอพอสตานอลในน้ำเสีย และน้ำผิวดิน โดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี ดีเทคเตอร์เฟลมไอออไนเซชัน พบสารประกอบคอพอสตานอลในน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 34.3 ± 1.7 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำผิวดินมีค่าเท่ากับ 8.7 ± 0.34 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วน Hussain *et al.* (2010) ศึกษาตัวบ่งชี้การปนเปื้อนอุจจาระในระบบประปาออสเตรเลีย โดยศึกษาหาสารประกอบคอพอสตานอล และสารประกอบคอเลสทานอลในน้ำ พบมีค่าอยู่ในช่วง 400-800 นาโนกรัมต่อลิตร และน้อยกว่า 400 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และหาความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่ามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญ ส่วนในตะกอนดินพบสารประกอบคอพอสตานอลมีค่าอยู่ในช่วง 478.1-2,735.3 นาโนกรัมต่อลิตร และสารประกอบคอเลสทานอลมีค่าอยู่ในช่วง 314.6-1,378.3 นาโนกรัมต่อลิตร

Tyagi *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนมูลหมู มูลม้า มูลวัว และมูลไก่ พบว่าในมูลหมูประกอบด้วยสารประกอบคอพอสตานอล 4,505-12,949 ไมโครกรัมต่อกรัม สารประกอบคอเลสเตอรอล 1,268-9,920 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบสเตโรล 6,261-20,156 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนมูลม้าพบสารประกอบคอพอสตานอล 281-6,649 ไมโครกรัมต่อกรัม สารประกอบบิฟิโคพอสตานอล 451-5,334 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบสเตโรล 1,172-9,148 ไมโครกรัมต่อกรัม ในมูลวัวพบสารประกอบคอเลสเตอรอล 2,226-6,851 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบคอพอสตานอล 2,083-5,853 ไมโครกรัมต่อกรัม มูลไก่พบสารประกอบคอเลสเตอรอล 489-12,280 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบสเตโรล 574-9,140.0 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วน Leeming *et al.* (1996) ศึกษาการปนเปื้อนในน้ำของอุจจาระมนุษย์ และ

มูลสัตว์มากกว่า 14 ชนิดเขตในเมือง และชนบท พบว่าอุจจาระมนุษย์ และมูลหมูมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนกัน ซึ่งพบสารประกอบคอพอสตานอล มีค่าเท่ากับ 3432 ± 636 และ 353 ± 76 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนสารประกอบคอเลสเตรอล 290 ± 26 และ 127 ± 27 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และสารประกอบคอเลสทานอล 70 ± 15 และ 45 ± 13 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ มูลสัตว์ปีก เช่น มูลแม่ไก่ และ มูลเป็ด พบสารประกอบคอเลสเตรอล 219 ± 41 และ 342 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สารประกอบคอพอสตานอล 12 ± 7 และ 29 ไมโครกรัมต่อกรัม แต่มูลนกนางนวล และมูลนกนางนวล พบสารประกอบคอเลสเตรอลมีลักษณะโดดเด่นมีค่าเท่ากับ 746 ± 344 และ $1,233$ ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนมูลสัตว์ที่กินทั้งพืชและเนื้อ เช่น มูลแมว และมูลสุนัข จะพบสารประกอบคอเลสเตรอลมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 750 ± 108 และ $1,569 \pm 664$ ไมโครกรัมต่อกรัม แต่มูลแมวจะพบสารประกอบคอพอสตานอลรองลงมา มีค่าเท่ากับ 397 ± 167 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนมูลสุนัขจะพบสารประกอบคอเลสทานอลมีค่าเท่ากับ 71 ± 25 ไมโครกรัมต่อกรัม มูลสัตว์ที่กินพืชเป็นหลักจะพบสารประกอบคอพอสตานอลมากที่สุด เช่น มูลวัว มูลม้า และมูลแกะ มีค่าเท่ากับ 213 ± 72 43 ± 6 และ 170 ± 27 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สารประกอบคอเลสเตรอลมีค่าเท่ากับ 201 ± 53 39 ± 9 และ 111 ± 11 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และสารประกอบคอเลสทานอลมีค่าเท่ากับ 69 ± 24 25 ± 5 และ 49 ± 6 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สังเกตได้ว่ามูลสัตว์ที่กินพืชจะพบสารประกอบคอเลสทานอลโดดเด่นในการปนเปื้อนอุจจาระ แต่ Shah *et al.* (2007) ได้ศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระในประเทศออสเตรเลียของมนุษย์ มูลสัตว์กินพืช (วัว หมู ม้า และกระต่าย) มูลสัตว์ที่กินเนื้อและพืช (สุนัข) และมูลสัตว์ปีกเช่น มูลนกและมูลไก่ พบสารประกอบคอพอสตานอลในอุจจาระมนุษย์ มูลวัว มูลหมู มูลม้า มูลกระต่าย มูลสุนัข มูลไก่ และมูลเป็ดมีค่าเท่ากับ 2036 ± 577 , 72 ± 38 , 530 ± 61 , 90 ± 13 , 507 ± 10 , 1.5 ± 0.2 , 0.6 ± 0.2 และ 1 ± 0.6 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สารประกอบคอเลสทานอลมีค่าเท่ากับ 62 ± 38 , 9 ± 5 , 63 ± 20 , 32 ± 2 , 237 ± 16 , 30 ± 5 , 8 ± 3 และ 3 ± 0.9 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สารประกอบคอเลสเตรอล มีค่าเท่ากับ $1,201 \pm 574$, 90 ± 54 , 69 ± 5 , 16 ± 2 , 304 ± 37 , 5871 ± 3543 , 339 ± 105 และ 159 ± 24 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สรุปว่าสารประกอบคอพอสตานอลเป็นตัวบ่งชี้ในการติดตามการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์

Isobe *et al.* (2002) ได้ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารประกอบฟัลลิสเตียรอลที่มาเลเซีย และแม่น้ำโขงที่เวียตนาม โดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทมิเตอร์เป็นตัวตรวจวัด พบอนุภาคนาโนเล็กในแม่น้ำ มีการปนเปื้อนสารประกอบคอพอสตานอลอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.0001 ถึง 13.47 ไมโครกรัมต่อลิตร และตะกอนดินพบอยู่ในช่วง 0.005 ถึง 15.5 ไมโครกรัมต่อกรัมแห้ง และหาความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์สารประกอบคอพอสตานอลกับ *E.coli* ในมาเลเซีย และเวียตนาม พบว่ามีความสัมพันธ์กัน ($r^2=85$ และ 80) หาความสัมพันธ์ระหว่าง *E.coli* กับสารประกอบ

คอปอสดานอล พบว่าสอดคล้องกัน($R^2=0.86$) และหาความสัมพันธ์ของสารประกอบคอปอสดานอลในน้ำกับตะกอน พบว่ามีความสัมพันธ์กัน($R^2=0.71$) Isobe *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ระหว่างคอปอสดานอลกับตัวบ่งชี้ทางแบคทีเรียที่กรุงโตเกียวในประเทศญี่ปุ่น โดยเก็บตัวอย่างในฤดูร้อนและฤดูฝนที่สามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขงที่เวียดนาม พบความเข้มข้นสารประกอบคอปอสดานอลในประเทศเวียดนามในฤดูร้อนอยู่ในช่วง 0.001-97.1 ไมโครกรัมต่อลิตร และฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.0001-13.5 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ในญี่ปุ่นพบว่าฤดูหนาวมีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.0001-3.77 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ช่วงมีได้ฝุ่นมีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.0001-2.94 ไมโครกรัมต่อลิตร และช่วงฤดูร้อนมีค่า 0.0002-15.2 ไมโครกรัมต่อลิตร จากข้อมูลของประเทศเวียดนามนำมาหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารประกอบคอปอสดานอลกับเชื้อแบคทีเรียของ *E.coli* และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด พบว่ามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญ ($P<0.001$)

ส่วน Writer *et al.* (1994) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของคอปอสดานอลของอุจจาระในแม่น้ำมิสซิสซิปปี จากตะกอนบนน้ำผิวดินที่เกิดจากการสะสมของสารอินทรีย์คาร์บอน ที่ปล่อยสิ่งปฏิกูลลงแม่น้ำ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาเชิงลึกทางอุทกศาสตร์ และทางธรณีเคมีโดยศึกษาการปนเปื้อนจากเทศบาลที่ปล่อยน้ำทิ้งสู่แม่น้ำมิสซิสซิปปีของสารประกอบคอปอสดานอลใช้สารประกอบคอปอสดานอลเป็นตัวบ่งชี้ความสกปรกของแม่น้ำ ซึ่งพบว่ามีปริมาณ 0.10-7.53 ไมโครกรัมต่อกรัม แล้วนำมาหาอัตราส่วนระหว่างสารประกอบคอปอสดานอลต่อสารประกอบคอเลสเทอรอลกับคอเลสเทอรอล พบค่าปนเปื้อนจากน้ำโสโครกอยู่ในช่วง 0.06-0.26 ส่วน Sojinu *et al.* (2012) ศึกษาปรากฏการณ์ในตะกอนดินในสามเหลี่ยมปากแม่น้ำไนเจอร์ ประเทศไนจีเรีย พบปริมาณสารประกอบคอปอสดานอลอยู่ในช่วง ตรวจวัดไม่พบ จนถึง 26.86 นาโนกรัมต่อกรัมซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระของมนุษย์

ส่วน Choi *et al.* (2011) ศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบ nonylphenolic ในทะเลสาบในประเทศเกาหลีเปรียบเทียบกับมลพิษอุจจาระ ซึ่งพบสารประกอบคอปอสดานอลของตะกอนดินในทะเลสาบ Shiwa มีค่าอยู่ในช่วง 2.51-438 ไมโครกรัมต่อกรัม และน้ำในลำห้วยมีค่าอยู่ในช่วง 0.09-0.19 ไมโครกรัมต่อลิตร สารประกอบคอเลสเทอรอลอยู่ในช่วง 0.18-2.35 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำที่ปล่อยจากโรงบำบัดมีปริมาณสารประกอบคอปอสดานอล 0.11-44.0 ไมโครกรัมต่อลิตร สารประกอบคอเลสเทอรอลมีค่าอยู่ในช่วง 0.22-2.02 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วน Wu *et al.* (2009) ได้ตรวจหาการปนเปื้อนอุจจาระโดยใช้วิธีก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทเมตรี โดยใช้วิธีการ

สัปดาห์ของแข็งคงที่ จากศึกษาน้ำผิวดิน และมูลสุนัขพบสารประกอบคอเลสเทอรอลมากกว่า 1,000 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบคอเลสทานอล 75 ± 6 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนมูลหนูพบสารประกอบคอเลสเทอรอลมากกว่า 68.0 ± 5 ไมโครกรัมต่อกรัม สารประกอบคอเลสทานอล 39.5 ± 2 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบคอพอสทานอล 34.6 ± 4 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนในอุจจาระมนุษย์พบสารประกอบคอเลสเทอรอลมากกว่า 400 ไมโครกรัมต่อกรัม และสารประกอบคอเลสทานอล 0.635 ± 0.05 ไมโครกรัมต่อกรัม

Zhang *et al.* (2008) ศึกษาสารประกอบฟิคลัสเตียรอลของหลุมฝังกลบ R และ J ในประเทศจีนพบสารประกอบคอพอสทานอลมีค่าเท่ากับ 189.69 และ 5.45 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนสารประกอบคอเลสเทอรอลมีค่าเท่ากับ 39.20 และ 5.97 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสารประกอบคอเลสทานอลมีค่าเท่ากับ 122.20 และ 12.72 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

Fattore *et al.* (1996) ตรวจสอบการปนเปื้อนอุจจาระของตะกอน Venice Lagoon ในประเทศอิตาลีโดยใช้วิธีก๊าซโครมาโทกราฟี – แบบแมสสเปกโทกราฟีวิเคราะห์หาสารประกอบคอพอสทานอล สารประกอบอพิคอปอสทานอล และสารประกอบคอพอสตาโนน ได้ศึกษาอัตราส่วนของคอพอสทานอลต่ออพิคอปอสทานอล ทำให้ทราบความแตกต่างของแหล่งที่มาการปนเปื้อนอุจจาระในมนุษย์ และมูลสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งปรากฏว่าสารประกอบอพิคอปอสทานอลไม่ได้รับการตรวจพบในอุจจาระมนุษย์ เช่นเดียวกับ Reeves *et al.* (2005) ใช้ดัชนีชี้วัดความสกปรกของคอพอสทานอลต่ออพิคอปอสทานอล แยกแยะความแตกต่างอุจจาระมนุษย์ และไม่ใช่มนุษย์ พบว่าอัตราส่วนระหว่างคอพอสทานอลต่อคอเลสเทอรอลมีค่ามากกว่า 1 ใช้ยืนยันว่าเป็นอุจจาระของมนุษย์ ของตะกอนน้ำเสียจากน้ำเค็มในประเทศสกอตแลนด์ ส่วน Zhang *et al.* (2008) ศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระในหลุมฝังกลบในประเทศจีน พบอัตราส่วนคอพอสทานอลต่ออพิคอปอสทานอลมีค่าเท่ากับ 2.95 และ 2.02

Nguyen *et al.* (2007) ศึกษาอัตราส่วนคอพอสทานอลต่อคอเลสเทอรอลและคอเลสทานอล พบว่ามีค่าสูงกว่า 0.5 แต่ต่ำกว่า 0.7 ซึ่งทำให้ทราบจำพวกของการปนเปื้อนอุจจาระ และศึกษาหาอัตราส่วนของคอพอสทานอลต่อคอพอสทานอลและคอเลสทานอล พบว่าในถังตกตะกอนน้ำขาเข้าและขาออกของโรงบำบัดน้ำรัตนโกสินทร์มีค่า เท่ากับ 0.52 และ 0.72 ตามลำดับ ส่วนในแม่น้ำเจ้าพระยา คลองประปา และ AIT มีค่าน้อยกว่า 0.3 ส่วน Chan *et al.* (1998) พบว่าอัตราส่วนคอพอสทานอลต่อคอเลสทานอลและคอพอสทานอล มีค่าเท่ากับ 0.10-0.59 ของตะกอนดิน บริเวณ

ที่ทิ้งน้ำเสียของเทศบาลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศฮ่องกง *Carreira et al.* (2004) ศึกษาอัตราส่วนระหว่างคอพอสตานอลต่อคอเลสเทอรอลและคอพอสตานอลอยู่ในช่วง 0.06-0.84 ซึ่งพบว่าสารประกอบคอพอสตานอลเป็นตัวบ่งชี้ของน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนจากอุจจาระ ส่วนประเทศเวนิส *Fattore et al.* (1996) ได้สรุปว่าอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอลและคอพอสตานอลเป็นตัวบ่งชี้การที่ดีของปนเปื้อนอุจจาระจากมนุษย์ และ *Fartula et al.* (2012) พบว่าอัตราส่วนดังกล่าว ถ้ามีค่าอัตราส่วนมากกว่า 0.7 บ่งชี้ว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ ช่วงอัตราส่วน 0.3-0.7 ไม่แน่นอนว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ และอัตราส่วนน้อยกว่า 0.3 สาเหตุไม่ได้เกิดจากอุจจาระมนุษย์

ส่วน *Wu et al.* (2009) ศึกษาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอลของมูลสุนัข มีค่าน้อยกว่า 1 อัตราส่วนในมูลหมูมีค่าเท่ากับ 0.87 และอุจจาระมนุษย์มีอัตราส่วนมากกว่า 1 แต่ *Fartula et al.* (2012) พบว่าอัตราส่วนคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอล ที่มีค่ามากกว่า 0.5 บ่งชี้ว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ ช่วงอัตราส่วน 0.3-0.5 ไม่แน่นอนว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ และอัตราส่วนน้อยกว่า 0.3 สาเหตุไม่ได้เกิดจากอุจจาระมนุษย์ *Shah et al.* (2007) อัตราส่วนระหว่างคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอล โดยนำอุจจาระของมนุษย์และมูลวัวมาผสมที่จำนวนแตกต่างกัน พบว่ามีอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอลอยู่ในช่วง 39.6-150.9 อุจจาระมนุษย์กับมูลสุนัข มีอัตราส่วนอยู่ในช่วง 3.9-35.5 และอุจจาระมนุษย์กับมูลเป็ดมีค่าอัตราส่วนอยู่ในช่วง 51.2-227.8

Nichols et al. (1996) ศึกษาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเทอรอลพบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.1 แต่ *Carreira et al.* (2004) พบอัตราส่วนอยู่ในช่วง 0.09-17.69 แต่ *Fartula et al.* (2012) ได้ทำอัตราส่วนของสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสเทอรอล พบว่าอัตราส่วนที่มีค่ามากกว่า 0.5 บ่งชี้ว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ และอัตราส่วนน้อยกว่า 0.5 ไม่ได้เกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์ *Zhang et al.* (2008) อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเทอรอล มีค่าเท่ากับ 6.48 และ 1.36 ในหลุมฝังกลบ R และ J ในประเทศจีน

Chan et al. (1998) อัตราส่วนระหว่างคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอลและคอเลสเทอรอลอยู่ในช่วง 0.06-0.73 ของตะกอนดินบริเวณที่ทิ้งน้ำเสียของเทศบาลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศฮ่องกง ส่วน *Fartula et al.* (2012) ศึกษาอัตราส่วนดังกล่าว พบว่าอัตราส่วนที่มีค่ามากกว่า 0.2 บ่งชี้ว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ อัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.15 - 0.2 ไม่แน่นอนว่ามาจากอุจจาระมนุษย์ อัตราส่วนที่มีค่าน้อยกว่า 0.15 ไม่ได้เกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระ

Zhang *et al.* (2008) ศึกษาอัตราส่วนคอเลสเตอรอลต่อคอเลสเตอรอลและคอเลสเตอรอลที่มีค่าเท่ากับ 0.4 และ 0.32 ของหลุมฝังกลบRและWในประเทศจีน ซึ่งค่าที่ต่ำกว่า 0.5 เป็นตัวชี้วัดแหล่งที่เกิดจากหลุมฝังกลบ และอัตราส่วนคอเลสเตอรอลต่อคอเลสเตอรอลมีค่าเท่ากับ 3.12 และ 2.13 ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถสรุปงานวิจัยในประเด็นสำคัญที่กล่าวมาทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6



ตารางที่ 5 ข้อมูลสรุปการปนเปื้อนอุจจาระ มูลสัตว์จากแหล่งต่างๆ

แหล่ง/ชนิดการปนเปื้อน	คอปอستانอล	คอเลสเตอรอล	คอเลสเตทานอล	ประเทศ	อ้างอิง
1. อุจจาระ/มูล ($\mu\text{g/g}$)					Reeves <i>et al.</i> , 2005,
มนุษย์	3,432 \pm 636	290 \pm 26	70 \pm 15	ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
	0.635 \pm 0.05	> 400		สิงคโปร์	Wu <i>et al.</i> , 2009,
	2,036 \pm 577	1,201 \pm 574	62 \pm 38	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
หนู	34.6 \pm 4	68.0 \pm 5	39.5 \pm 2	สิงคโปร์	Wu <i>et al.</i> , 2009,
แมว	397 \pm 167	750 \pm 108		ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
สุนัข		1,569 \pm 664	71 \pm 25	ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
		> 1,000	75 \pm 6	สิงคโปร์	Wu <i>et al.</i> , 2009,
	1.5 \pm 0.2	5,871 \pm 3,543	30 \pm 5	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
หมู	4,505-12,949	1,268-9,920		สหรัฐอเมริกา	Tyagi <i>et al.</i> , 2008,
	353 \pm 76	127 \pm 27	45 \pm 13	ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
	530 \pm 61	69 \pm 5	32 \pm 2	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
วัว	2,083-5,853	2,226-6,851		สหรัฐอเมริกา	Tyagi <i>et al.</i> , 2008,
	213 \pm 72	201 \pm 53		ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
	72 \pm 38	90 \pm 54	9 \pm 5	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แหล่ง/ชนิดการปนเปื้อน	คอพอสตานอล	คอเลสเตอรอล	คอเลสเตทานอล	ประเทศ	อ้างอิง
ม้	90±13	16±2	32±2	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
กระต่าย	507±10	304±37	237±16	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
นกนางนวล	13 ± 12	746 ± 344		ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
ไก่	7	1,233		ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
		489-12,280		สหรัฐอเมริกา	Tyagi <i>et al.</i> , 2008,
		219 ± 41	12 ± 7	ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
	0.6±0.2	339±105	8±3	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
เป็ด		342	29	ออสเตรเลีย	Leeming <i>et al.</i> , 1996,
	1±0.6	159±24	3±0.9	ออสเตรเลีย	Shah <i>et al.</i> , 2007
2. ตะกอน (µg/g)					
ท่อระบายน้ำ	0.01-278			ไทย	Nguyen <i>et al.</i> , 2007,
คลองประปา	0.478-2.735		0.315-1.378	ออสเตรเลีย	Hussain <i>et al.</i> , 2010,
ลำห้วย บึง ทะเลสาบ	2.51 - 438			เกาหลี	Choi <i>et al.</i> , 2011,
แม่น้ำ	0.33-40.00			บราซิล	Carreira <i>et al.</i> , 2004,
	0.34-5.09	0.64-3.92	0.65-3.87	ฮ่องกง	Chan <i>et al.</i> , 1997,
โรงบำบัดน้ำ	69-250.0	37-147.0	64.0-95.0	ไทย	Nguyen <i>et al.</i> , 2007,

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แหล่ง/ชนิดการปนเปื้อน	คอพอสตานอล	คอเลสเตอรอล	คอเลสเตอรอล	ประเทศ	อ้างอิง
3. น้ำ ($\mu\text{g/l}$)					
น้ำผิวดิน	8.7 \pm 0.34			อิตาลี	Gilli <i>et al.</i> , 2006,
	0.09-0.19		0.18-2.35	เกาหลี	Choi <i>et al.</i> , 2011,
คลองประปา	0.4-0.8		< 0.4	ออสเตรเลีย	Hussain <i>et al.</i> , 2010,
น้ำเสีย	34.3 \pm 1.7			อิตาลี	Gilli <i>et al.</i> , 2006,
โรงบำบัดน้ำเสีย(เข้า)	393.92-913.68	459.24-1,061.03		แคนาดา	Furtula <i>et al.</i> , 2011,
(ออก)	0.11-44.0		0.22-2.02	เกาหลี	Choi <i>et al.</i> , 2011

ตารางที่ 6 อัตราส่วนสารประกอบฟัลด์สเตียรอยด์

ชนิดป็นเปื้อน	อูจจาละมนุษย	ไมใช่ อูจจาละมนุษย	อ้างอิง
สัคส่วนคอปอสตานอลต่อ	> 1		Reeves et al., 2005,
คอสเตอรอล	0.5-0.7		Nguyen et al., 2007,
	> 0.5	< 0.5	Fartula et al., 2012
สัคส่วนคอปอสตานอลต่อ	> 1	< 1 และ 0.87	Wu et al., 2009,
คอสเตทานอล	> 0.5	< 0.3	Fartula et al., 2012
สัคส่วนคอปอสตานอลต่อ	> 0.7		Fattore et al., 1996,
คอปอสตานอลและคอสเตทานอล	0.69-0.85	0.22-2.02	Choi et al., 2011
	> 0.7	< 0.3	Fartula et al., 2012
สัคส่วนคอปอสตานอลต่อ	> 0.2	< 0.15	Fartula et al., 2012
คอสเตทานอลและคอสเตอรอล			
สัคส่วนคอปอสตานอลต่อ		✓	Reeves et al., 2005,
อิฟิคอปอสตานอล			Fattore et al., 1996

หมายเหตุ ✓ ไม่มีการระบุอัตราส่วน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมีและจุลชีววิทยา

1.1 Centrifuge รุ่น Z383 (HERMLE)

1.2 Electrode Instruction Guide (Hanna instrument)

1.3 GC - 2014 (Shimadzu)

1.4 pH meter (Schott instrument)

1.5 Oven รุ่น DRA 430DA

1.6 TOC-Vcsh (Shimadzu)

1.7 Autoclave (SA - 300 VL)

2. สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 สารเคมี

2.1.1 Cholesterol (Sigma) ≥ 95 % impurity

2.1.2 Cholestanol (Sigma) ≥ 95 % impurity

2.1.3 Coprostanol (Sigma) ≥ 98 % impurity

2.1.4 5 α -Cholestane (Sigma) ≥ 97 % impurity

2.1. 5 Methanol HPLC grad (Mallinckrodt)

2.1.6 Dicholomethane HPLC grad (Fisher)

2.1.7 Chloroform, AR grad (RCI – Labscan)

2.1.8 Hexane, HPLC grad (RCI - Labscan)

2.1.9 สารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดิน

2.1.10 N, O-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide(BSTFA)

2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

2.2.1 Lauryl Tryptose Broth (HIMEDIA)

2.2.2 EC Broth (HIMEDIA)

2.2.3 Brilliant Green Bile Broth (HIMEDIA)

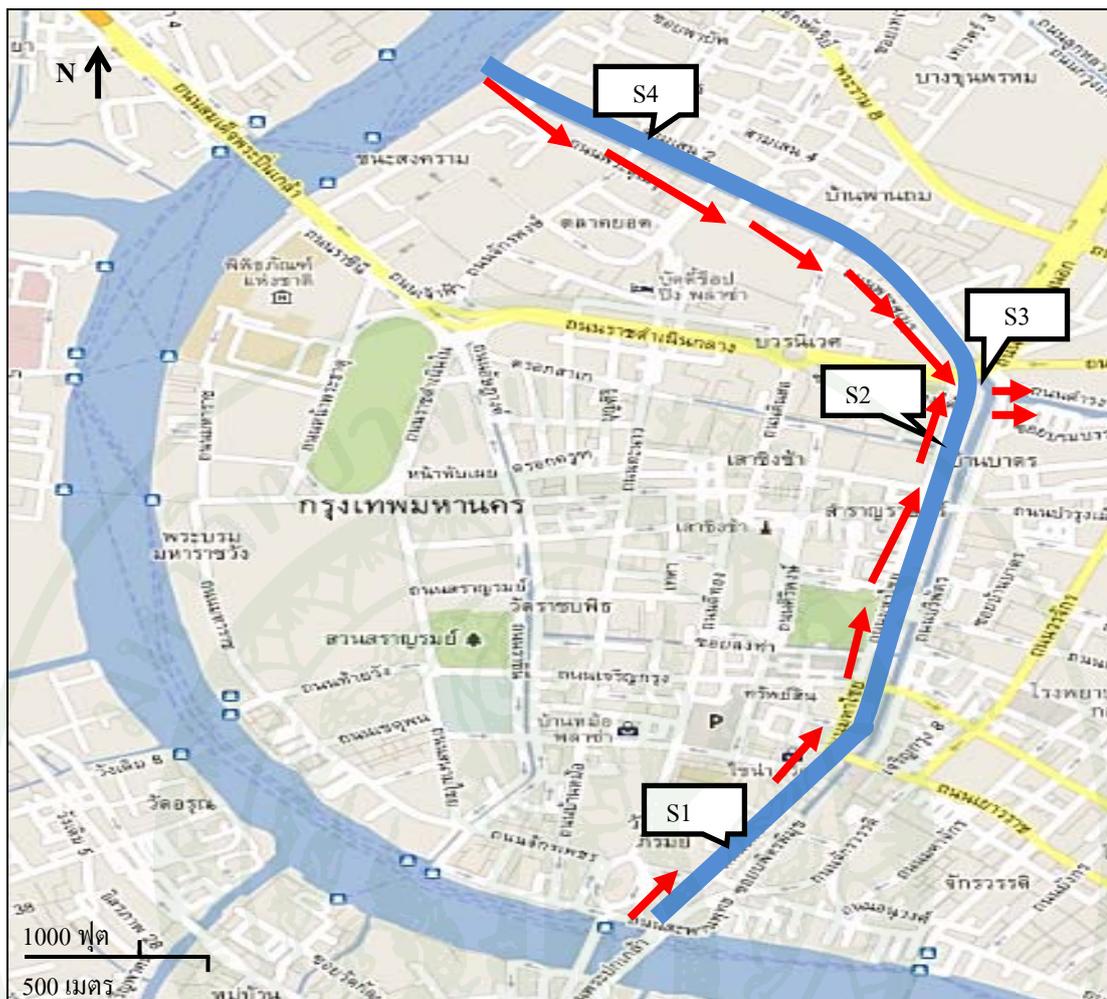
2.2.4 EMB Agar, Levine (HIMEDIA)

วิธีการ

1. วิธีการศึกษา

1.1 การปนเปื้อนน้ำผิวดินในเขตชุมชน

เก็บน้ำตัวอย่างคลองรอบกรุง(คลองโอง่าง-คลองบางลำพู) เขตพระนคร (ภาพที่ 6) โดยแบ่งจุดเก็บเป็น 4 จุด ความถี่ในการเก็บ 2 ครั้งต่อเดือน ซึ่งการเก็บตัวอย่างประมาณกลางเดือน และสิ้นเดือน ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนมิถุนายน 54 ถึง เดือนพฤษภาคม 55



หมายเหตุ ชุมชนโอ่งอ่าง (S1) พิกัดที่ $13^{\circ} 44' 28.60''$ เหนือ $100^{\circ} 29' 3.39''$ ตะวันออก
 สะพาน สมตอมรรมาศ (S2) พิกัดที่ $13^{\circ} 45' 8.04''$ เหนือ $100^{\circ} 29' 18.87''$ ตะวันออก
 สะพานผ่านฟ้าลีลาศ (S3) พิกัดที่ $13^{\circ} 45' 19.34''$ เหนือ $100^{\circ} 30' 22.32''$ ตะวันออก
 ชุมชนบางลำพู (S4) พิกัดที่ $13^{\circ} 45' 78.0''$ เหนือ $100^{\circ} 29' 56.16''$ ตะวันออก
 สัญลักษณ์ คลอง แม่น้ำ — และลูกศรแสดงทิศทางการไหลของน้ำ →

ภาพที่ 8 สถานที่เก็บตัวอย่างคลองรอบกรุง (โอ่งอ่าง - บางลำพู)

ที่มา Google and Google earth (2013)

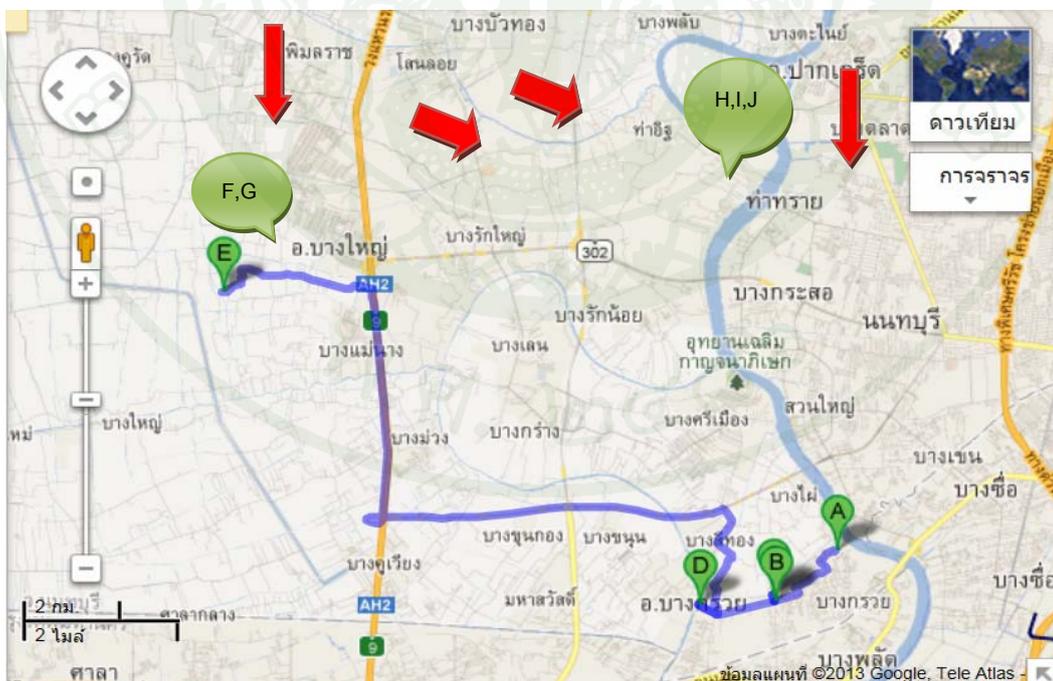
ตารางที่ 7 สถานที่เก็บน้ำตัวอย่างคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู)

จุด	ระยะทางจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา	ระยะทาง(เมตร)
S1	ชุมชนโอง่าง	210
S2	สะพานสมมตอมรรารค	1,510
S3	สะพานผ่านฟ้าลีลาศ	1,900
S4	ชุมชนบางลำพู	3,030

หมายเหตุ ระยะทางทั้งหมด 3,450 เมตร

3.2 การปนเปื้อนอุจจาระในพื้นที่น้ำท่วม

เก็บน้ำตัวอย่างบริเวณจังหวัดนนทบุรี 7 ตำแหน่ง (A-G) ภาพที่ 9 และจังหวัดปทุมธานี 4 ตำแหน่ง (A'-D') ภาพที่ 10 ช่วงน้ำท่วมเดือนตุลาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 54 เพื่อตรวจวัดการแพร่กระจายของสิ่งปฏิกูล ในพื้นที่น้ำท่วม

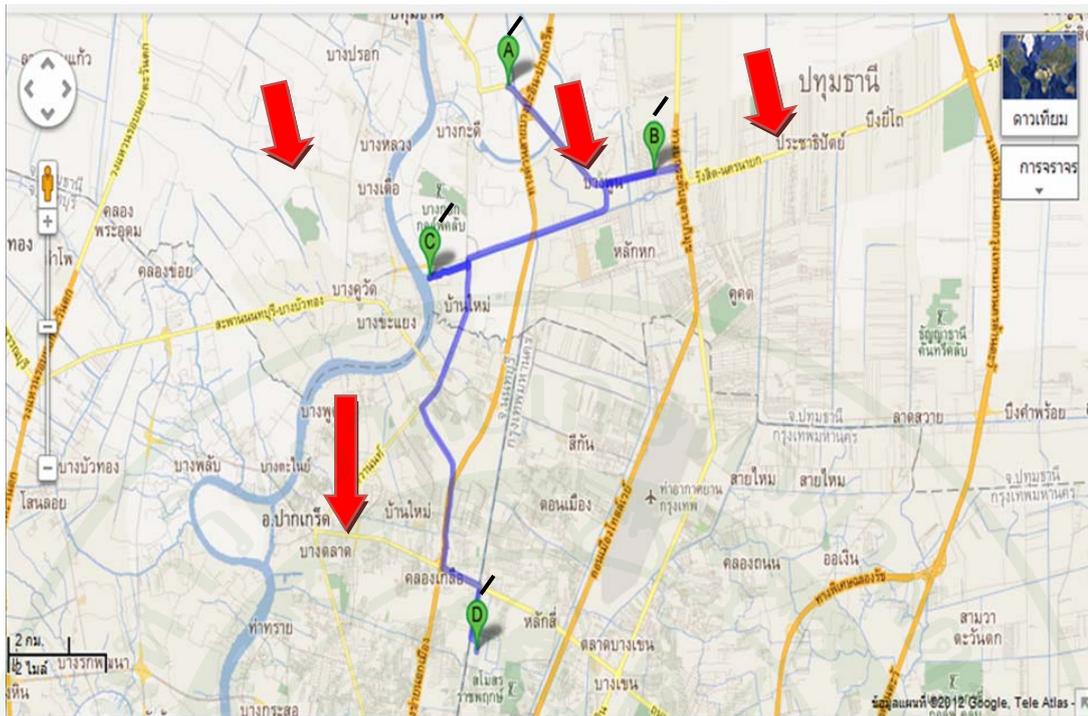


ภาพที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างน้ำท่วม จังหวัดนนทบุรี

- หมายเหตุ จุด A หมู่บ้านส.ภาณุรังสี (น้ำเข้า) อ.บางกรวย จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 48' 18.10''$ เหนือ
 $100^{\circ} 29' 17.88''$ ตะวันออก
- จุด B หมู่บ้านส.ภาณุรังสี (น้ำออก) อ.บางกรวย จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 48' 18.32''$ เหนือ
 $100^{\circ} 29' 20.07''$ ตะวันออก
- จุด C สะพานเฉลิมศักดิ์ วัดกล้วย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 48' 24.63''$ เหนือ
 $100^{\circ} 29' 16.89''$ ตะวันออก
- จุด D สะพานบางกรวย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 48' 17.90''$ เหนือ
 $100^{\circ} 28' 38.58''$ ตะวันออก
- จุด E คลองบางกระบือ อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 52' 3.50''$ เหนือ
 $100^{\circ} 28' 51.00''$ ตะวันออก
- จุด F คลองโค ต.บางแม่นาง อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี
- จุด G ซอยคลองพร้อม ต.บางแม่นาง อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี
- จุด H ร.ร.ธรรมมิศลาม ต.ท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 53' 46.79''$ เหนือ
 $100^{\circ} 28' 41.41''$ ตะวันออก
- จุด I ร.ร.ท่าอิฐ ต.ท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 53' 49.41''$ เหนือ
 $100^{\circ} 28' 38.89''$ ตะวันออก
- จุด J วัดเชิงเลน ต.ท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี พิกัดที่ $13^{\circ} 54' 1.74''$ เหนือ
 $100^{\circ} 27' 53.81''$ ตะวันออก
- สัญลักษณ์ลูกศรทิศทางการไหลของน้ำ →

ภาพที่ 9 (ต่อ)

ที่มา: Google (2013)



ภาพที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างน้ำท่วม จังหวัดปทุมธานี

หมายเหตุ จุด A' ตำบลบางปูน อ.เมือง จ.ปทุมธานี พิกัดที่ $13^{\circ} 59' 3.38''$ เหนือ

$100^{\circ} 35' 32.72''$ ตะวันออก

จุด B' หมู่บ้านรัตน โกสินทร์ 200 ปี จ.ปทุมธานี พิกัดที่ $13^{\circ} 49' 20.40''$ เหนือ

$100^{\circ} 32' 14.11''$ ตะวันออก

จุด C' คลองรังสิตประยูรศักดิ์ อ.เมือง จ.ปทุมธานี พิกัดที่ $13^{\circ} 58' 1.39''$ เหนือ

$100^{\circ} 33' 1.70''$ ตะวันออก

จุด D' การประปานครหลวง จ.ปทุมธานี พิกัดที่ $13^{\circ} 59' 7.22''$ เหนือ

$100^{\circ} 36' 24.27''$ ตะวันออก

สัญลักษณ์ลูกศรทิศทางการไหลของน้ำ →

ที่มา: Google (2012)

3.3 วิธีการเก็บน้ำตัวอย่างและตะกอนดินในลำคลอง

3.3.1 น้ำตัวอย่าง

การเก็บน้ำตัวอย่าง จะมีเครื่องมือสำหรับเก็บน้ำตัวอย่าง โดยจะเก็บตัวอย่าง กึ่งกลางความกว้างของคลอง แต่ละจุดเก็บนั้นมีความลึกไม่แตกต่างกันมาก มีความลึกจากผิวน้ำ ประมาณ 1-1.5 เมตร ทั้งนี้ น้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำ Standard for the Examination of Water and Wastewater 20th (APHA, 1998) โดยมีดัชนีดังนี้ pH, Temperature, EC, DO, BOD, COD, TDS, TKN, NH₃ และ TOC ดังตารางที่ 8

สำหรับตัวอย่างน้ำท่วมได้นำตัวอย่างน้ำท่วมมาสกัดเพื่อหาสารฟิโคลสดีทรอล ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธีตะกอนดิน (หัวข้อ 4.2) และฉีดตัวอย่างเข้าเครื่องGC เช่นกัน

ส่วนวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของน้ำ หากการปนเปื้อนแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุ ก่อโรค โดยศึกษาหาปริมาณ Fecal Coliform และ Total Coliform โดยวิธี MPN

3.3.2 ตะกอนดินในลำคลอง

ตะกอนดินในลำคลองเก็บโดยวิธีตักส้มตัวอย่าง มาหาความชื้น และ TOC นำตะกอนดินแห้งมาสกัดโดยใช้ตัวทำละลายแล้วนำมาหาสารประกอบฟิโคลสดีทรอล (หัวข้อ 4.1) จากนั้นนำตัวอย่างสารละลายไปฉีดเข้า เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC)

ตารางที่ 8 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการทดลอง	ตัวอย่าง	ความถี่
pH	pH meter	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
EC	Conductivity meter	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
DO	Azid Modification	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
SBOD	Azid Modification	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
SS	Filtration-drying at 103°C	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
TDS	Filtration-drying at 103°C	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน

ตารางที่ 8 (ต่อ)

พารามิเตอร์	วิธีการทดลอง	ตัวอย่าง	ความถี่
SCOD	Dichomate Close Reflux	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
NH ₃	Macro Kjeldahl and Titrimetric	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
TKN	Macro Kjeldahl and Titrimetric	น้ำ	1 ครั้ง/เดือน
TOC	TOC-Vcsh	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
Fecal Coliform	MPN	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
Total Coliform	MPN	น้ำ	2 ครั้ง/เดือน
Fecal sterol	GC-FID	น้ำและตะกอน	2 ครั้ง/เดือน
Moisture	Moisture content	ตะกอน	2 ครั้ง/เดือน
TOC	Walkley-Black	ตะกอน	2 ครั้ง/เดือน

หมายเหตุ SCOD = Soluble Chemical Oxygen Demand

SBOD = Soluble Biological Oxygen Demand

MPN = Most Probable Number method

ที่มา: APHA *et al.* (2005)

4. การสกัดสารตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลสเตียรอล

4.1 ตัวอย่างตะกอนดิน (Nguyen *et al.*, 2007)

4.1.1 นำตัวอย่างตะกอนดินตากจนแห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปร่อนผ่านตะแกรงร้อน ซั่งตัวอย่างน้ำหนัก 0.23-4 กรัม นำใส่หลอดเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร และใส่สารละลายเมทานอล 30 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องล้างความถี่สูงสกัด 10 นาที

4.1.2 นำไปเหวี่ยงที่เครื่องด้วยความเร็วรอบ 3,700 รอบต่อนาที 7 นาที และนำใส่ขวดชมพู

4.1.3 ตะกอนที่เหลือนำมาสกัดด้วยเมทานอลต่อไดโคโรมีเทน 30 มิลลิลิตร (1:1 v/v) โดยใช้เครื่องล้างความถี่สูงสกัด 10 นาที และเหวี่ยงความเร็วรอบ 3,700 รอบต่อนาที ใช้เวลา 7 นาที นำไปใส่ขวดรูปชมพู่

4.1.4 ตะกอนที่เหลือนำมาสกัดด้วยไดโคโรมีเทน 30 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องล้างความถี่สูงสกัด 10 นาที และเหวี่ยงความเร็วรอบ 3,700 รอบต่อนาที ใช้เวลา 7 นาที นำไปใส่ขวดรูปชมพู่

4.1.5 สารที่สกัดได้นำมาระเหยให้ความร้อนที่ 35 องศาเซลเซียสในสภาวะไนโตรเจน ให้เหลือความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร ใส่สาร 5 α -Cholestane ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC)

4.2 วิเคราะห์น้ำท่วม (Gilli *et al*, 2006)

4.2.1 น้ำตัวอย่าง 250 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยกและใส่สารโซเดียมคลอไรด์ 2.5 กรัม ใส่ตัวทำละลายเมทานอล 50 มิลลิลิตร และ 25 มิลลิลิตรของตัวทำละลายเฮกเซนต่อคลอโรฟอร์ม (4:1 v/v) นำมาเขย่า 30 นาที แยกเอาส่วนอินทรีย์ออกและสกัดใช้ตัวทำละลายเดิมอีก 2 ครั้ง

4.2.2 สารสกัดที่ได้นำมาระเหยจากนั้นใส่ 25 มิลลิลิตรของ 1 โมลาร์ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอล ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสใช้เวลา 90 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4.2.3 ใส่ น้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร และ 20 มิลลิลิตร ของเฮกเซนต่อคลอโรฟอร์ม (4:1 v/v) นำมาระเหยภายใต้สภาวะไนโตรเจนและใส่ 100 ไมโครลิตรของ N, O-bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA)

4.2.4 นำมาระเหยภายใต้สภาวะไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลา 60 นาที และใส่ 250 ไมโครลิตรของเฮกเซนต่อคลอโรฟอร์ม (4:1 v/v) จากนั้นไปวิเคราะห์ เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC)

4.3 สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

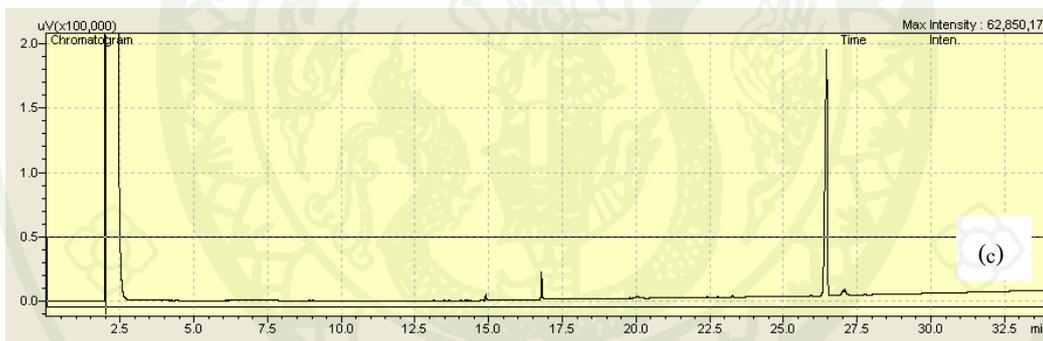
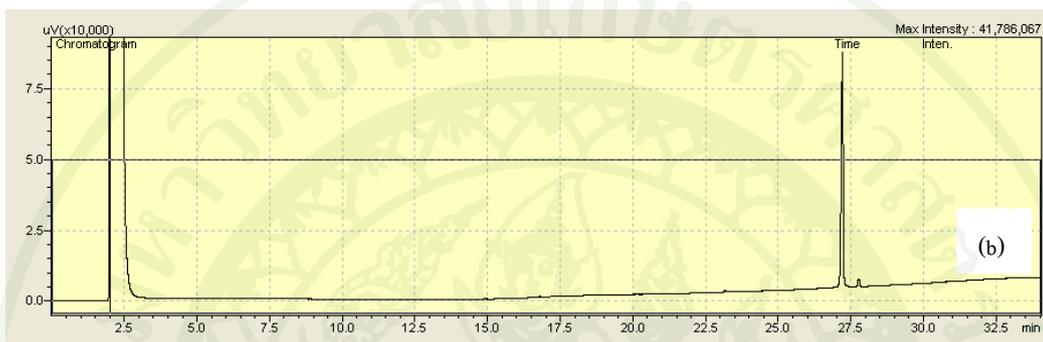
การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี รุ่น 2014 ผลิตบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีดีเทคเตอร์ ชนิด flame ionization detector และคอลัมน์ชนิด silica capillary ยี่ห้อ Shimadzu ซึ่งมีสภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้

4.3.1 Column oven temperature ปรับอุณหภูมิชนิด Thermal programe โดยอุณหภูมิ เริ่มต้นเริ่มที่ 100 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิสุดท้าย 310 องศาเซลเซียสในเวลา 2 องศาเซลเซียส ต่อนาที Injector temperature 280 องศาเซลเซียส Detector 340 องศาเซลเซียส Flow rate 8.7 มิลลิลิตร ต่อนาที ความดันของแก๊สฮีเลียม 103 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และฉีดตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร

4.3.2 ทำกราฟมาตรฐานโดยใช้สารเคมี ดังนี้ Cholesterol Cholestanol และ Coprostanol

ตารางที่ 9 ชนิดสารประกอบสารประกอบฟัลสเตียรอล โดย GC-FID

peak	Retention Time	Compound Name	Formula
a	27.098	Cholesterol	$C_{27}H_{46}O$
b	27.297	Cholestanol	$C_{27}H_{48}O$
c	26.476	Coprostanol	$C_{27}H_{48}O$



ภาพที่ 11 สารประกอบฟัลด์สเตอรอลโดยวิธี GC - FID

หมายเหตุ (a) สารประกอบคอเลสเตอรอล

(b) สารประกอบคอเลสเตอรอล

(c) สารประกอบคอพอสตานอล

5. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในคลอง และปริมาณน้ำฝน

นำข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานระบายน้ำ ปี 2550-2554 มาหาค่าทางสถิติ

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554-เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 (ต.ค.-พ.ย. 54
น้ำท่วมในพื้นที่กรุงเทพฯ) เป็นระยะทำงานวิจัย 1 ปี 5 เดือน

ผลและวิจารณ์

การทดลองนี้เพื่อศึกษาหาการปนเปื้อนอุจจาระโดยใช้สารประกอบฟิสิกส์เดียวรอล ในคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์ กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นเขตพื้นที่ชั้นในที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น การวิเคราะห์หาปนเปื้อนอุจจาระในตะกอนดินในลำคลอง และน้ำเสียที่ปล่อยจากท่อระบายน้ำ โดยแบ่งการศึกษาครั้งนี้ ตามฤดูกาล(ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน) ผลของระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำของคลองพื้นที่ศึกษา ผลของปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่มีผลต่อการสะสมการปนเปื้อนอุจจาระ โดยระยะเวลาการศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี (มิถุนายน 54-พฤษภาคม 55) นอกจากนี้มีการศึกษาการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์ และมูลสัตว์เลื้อยคุดในช่วงน้ำท่วม (ตุลาคม 54-พฤศจิกายน 54) พื้นที่โดยรอบกรุงเทพฯ โดยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างในพื้นที่น้ำขัง เช่น จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี ตามรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบททดลอง

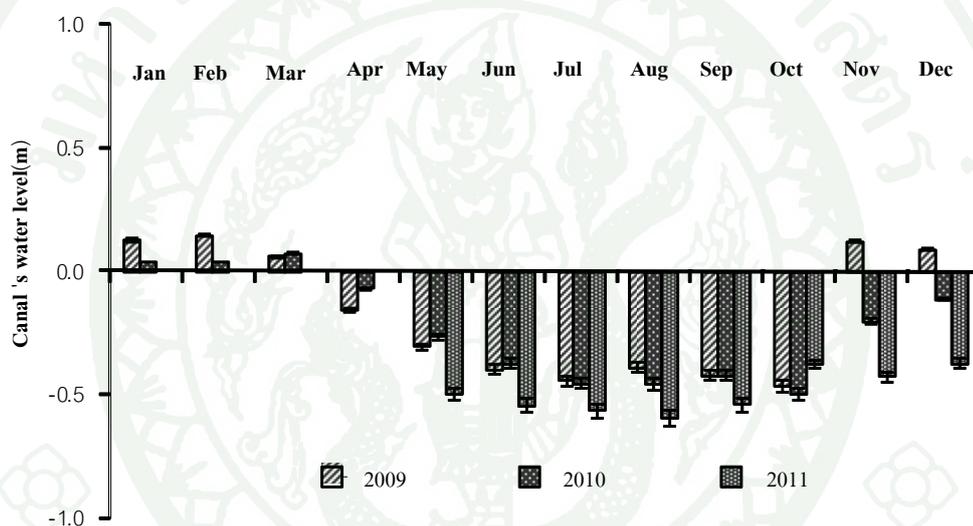
1. ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู)

คลองรอบกรุงเป็นคลองที่มี 2 คลองเชื่อมต่อกัน ปากคลองเชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยา (ภาพที่ 5) โดยมีคลองโอง่างเป็นคลองที่ติดตั้งประตูละบายน้ำเพื่อเปิด-ปิดที่เชื่อมต่อกันระหว่างน้ำคลองและแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีการระบายน้ำเข้าจากแม่น้ำเจ้าพระยา และน้ำฝน รวมทั้งน้ำที่ระบายจากชุมชนริมคลอง ฟังคลองบางลำพูไปยังคลองโอง่างสู่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยสำนักงานระบายน้ำกรุงเทพฯ ซึ่งมีข้อมูลระดับภายในประตูละบายน้ำคลองโอง่างดังนี้

ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองโอง่าง (ภาพที่ 12) ที่วัดจากระดับน้ำทะเลปานกลางในเขตพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร เท่ากับ 0 เมตร ตั้งแต่เดือนเมษายนของทุกปีเป็นช่วงใกล้ฤดูฝนจนถึงเดือนตุลาคมระดับน้ำเฉลี่ยภายในคลองโอง่างจะต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าอยู่ในช่วง -0.59 ถึง -0.07 เมตร สาเหตุที่มีระดับน้ำภายในคลองต่ำเพราะมีการระบายน้ำ เพื่อพร่องน้ำเตรียมรับน้ำฝน ที่ไหลลงสู่คลองระบายน้ำ จากนั้นในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคมของทุกปี ระดับน้ำภายในคลองจะสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 0.04 ถึง 0.15 เมตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยภายในคลองโอง่าง ปี 2552 2553 และ ปี 2554 พบว่าในเดือนมิถุนายน ระดับน้ำภายในคลองโอง่างอยู่ในช่วง -0.37 ถึง -0.54 เมตร วัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เดือนกรกฎาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง -0.56 ถึง -0.44 เมตร เดือนสิงหาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง -0.59 ถึง -0.39 เมตร เดือนกันยายนมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง -0.54

ถึง -0.42 เมตร เดือนตุลาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลอง -0.50 ถึง -0.37 เมตร เดือนพฤศจิกายน มีค่าระดับน้ำภายในคลองในช่วง -0.42 ถึง 0.13 เมตร เดือนธันวาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลอง -0.37 ถึง 0.09 เมตร แต่เดือนพฤศจิกายนและธันวาคมในปี 2552 ข้อมูลระดับน้ำภายในคลองสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่า 0.12 และ 0.09 เมตรตามลำดับ เดือนมกราคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง 0.04 ถึง 0.13 เมตร เดือนกุมภาพันธ์มีค่าระดับน้ำภายในคลองในช่วง 0.04 ถึง 0.15 เมตร เดือนมีนาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองในช่วง 0.06 ถึง 0.07 เมตร เดือนเมษายนมีค่าระดับน้ำภายในคลองในช่วง -0.15 ถึง -0.06 เมตร เดือนพฤษภาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองในช่วง -0.49 ถึง 0.26 เมตร



ภาพที่ 12 ระดับน้ำเฉลี่ยภายในประตูละบายน้ำคลองโอง่าง

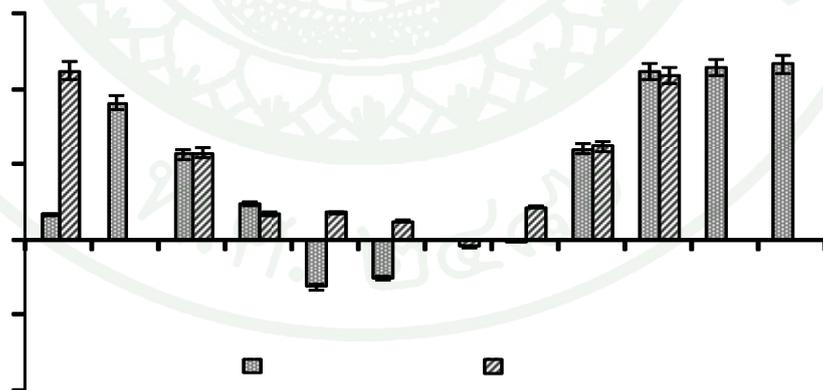
หมายเหตุ ไม่มีข้อมูล January 11 และ April 11

คลองบางลำพู เป็นชื่อเรียกคลองรอบกรุงทางฝั่งด้านเหนือ ซึ่งมีปากคลองเชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาเช่นกัน โดยมีการระบายน้ำเข้าและออก โดยสำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพฯ ซึ่งมีข้อมูลระดับภายในประตูละบายน้ำคลองบางลำพูดังนี้

ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองบางลำพู (ภาพที่ 13) วัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ในเขตพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร เท่ากับ 0 เมตร จากข้อมูลระดับน้ำภายในคลองบางลำพูปี 2550 และ ปี 2551 พบว่าระดับน้ำเฉลี่ยในคลองมีค่าสูงกว่าระดับน้ำทะเล 1.09 ถึง 1.15 เมตร ในช่วงเดือน

ตุลาคม จนถึงเดือนมกราคม โดยระดับน้ำภายในคลองจะมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ และมีค่าต่ำสุดประมาณช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคมในปี 2550 มีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง ค่าอยู่ในช่วง -0.31 ถึง -0.25 เมตร แต่ปี 2551 อยู่ในช่วง 0.13 ถึง 0.19 เมตร แต่เดือนกรกฎาคม 51 ค่าต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเท่ากับ -0.04 เมตร และค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามลำดับจนมีค่าสูงสุดอีกครั้งในเดือนตุลาคม โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยภายในคลองบางลำพู ปี 2550 และปี 2551 พบว่าเดือนมิถุนายน 50 ระดับน้ำภายในคลองต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่ปี 2551 จะมีค่าระดับน้ำสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งระดับน้ำภายในคลองบางลำพูอยู่ในช่วง -0.25 ถึง 0.13 เมตร ที่วัดจากระดับน้ำทะเล เดือนกรกฎาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลอง -0.04 เมตรเป็นข้อมูล ปี 2551 ส่วนเดือนสิงหาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 0.22 เมตร เดือนกันยายนมีค่าระดับน้ำภายในคลอง 0.61 ถึง 0.63 เมตร เดือนตุลาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง -0.42 ถึง 1.10 เมตร เดือนพฤศจิกายน 50 มีค่าระดับน้ำภายในคลอง 1.15 เมตร ส่วนเดือนธันวาคม 50 มีค่าระดับน้ำภายในคลอง 1.17 เมตร เดือนมกราคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง 0.17 ถึง 1.13 เมตร เดือนกุมภาพันธ์ 50 มีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง 9.14 เมตร เดือนมีนาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง 0.57 ถึง 0.58 เมตร เดือนเมษายนมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง 0.18 ถึง 0.24 เมตร เดือนพฤษภาคมมีค่าระดับน้ำภายในคลองอยู่ในช่วง -0.31 ถึง 0.13 เมตร

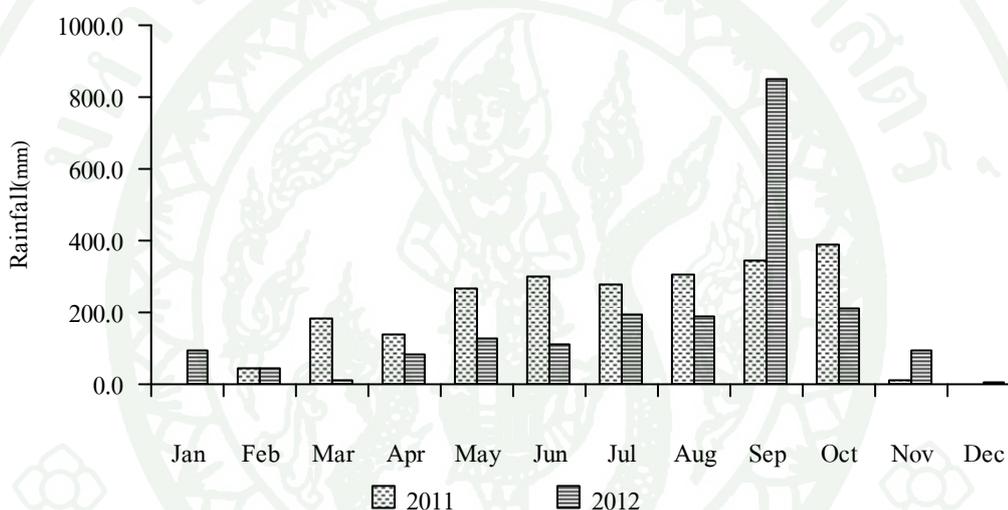


ภาพที่ 13 ระดับน้ำเฉลี่ยภายในประตูละบายน้ำคลองบางลำพู

หมายเหตุ ไม่มีข้อมูล February 08, July 07, November 08 และ December 08

ปริมาณน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (ภาพที่ 14) ในปี 2554 พบว่าปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 0-388.0 มิลลิเมตร โดยปริมาณฝนตกค่อนข้างสม่ำเสมอ ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม อยู่ในช่วง 278.5-388.0 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 200 มิลลิเมตร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 54 ถึงเมษายน และปริมาณน้ำฝนเดือนพฤษภาคม มีค่าเท่ากับ 230.7 มิลลิเมตร ในปี 2555 ระดับน้ำฝน มีความผันผวนมาก กล่าวคือ ส่วนใหญ่ปริมาณฝนตกต่ำกว่าปี 2554 ในช่วง 6.0-213.0 มิลลิเมตรยกเว้นเดือนกันยายน 55 ที่ฝนตกสูงสุด 847.5 มิลลิเมตร



ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณฝนรายเดือนปี 2554-2555

2. คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำคลอง

การวิเคราะห์น้ำคลองรอบกรุงรัตนโกสินทร์ (คลองโอง่าง-คลองบางลำพู) แบ่งจุดเก็บออกเป็น 4 แห่ง โดยแบ่งเป็นดังนี้ จุดเก็บที่ 1 ชุมชนโอง่าง (S1) จุดเก็บที่ 2 สะพานสมมตอมรรมาศ (S2) จุดเก็บที่ 3 สะพานผ่านฟ้า (S3) และจุดเก็บที่ 4 ชุมชนบางลำพู (S4) โดยคลองรอบกรุง (คลองโอง่าง-คลองบางลำพู) มีลักษณะคลองที่มีปากคลองเชื่อมต่อแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 2 ด้าน ด้านทิศใต้ ทิศทางการไหลเข้าของน้ำเริ่มแม่น้ำเจ้าพระยาไหลเข้าคลองโอง่างผ่านจุดเก็บที่ 1 ชุมชนโอง่าง ไหลต่อผ่านจุดเก็บที่ 2 สะพานสมมตอมรรมาศ และจุดที่ 3 สะพานผ่านฟ้าลีลาศ

ส่วนทิศเหนือทิศทางการไหลเข้าของน้ำเริ่มแม่น้ำเจ้าพระยาไหลเข้าคลองบางลำพูผ่านจุดก๊อบที่ 4 ชุมชนบางลำพู จุดเชื่อมต่อระหว่างคลองโองอ่างและคลองบางลำพูที่น้ำไหลบรรจบกันแล้วไหลเข้าคลองคลองมหานาคที่อยู่เหนือวัดสระเกศ ข้อมูลการวิเคราะห์ดังกล่าว แสดงผลเฉลี่ยในตารางที่ 10 และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของดัชนีต่างๆ ในตารางที่ 11 ดังต่อไปนี้



ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางเคมีของคลองโองอ่าง-บางลำพู

	ชุมชนโองอ่าง(S1)	สะพานสมมตอมรรค(S2)	สะพานผ่านฟ้า(S3)	ชุมชนบางลำพู(S4)	จำนวนตัวอย่าง	มาตรฐานน้ำผิวดิน
Temp (°C)	29.52±1.36	29.47±1.65	29.52±1.27	29.55±1.66	74	5
pH	7.09±0.13	7.11±0.22	7.18±0.09	7.18±0.24	74	2, 3 และ 4
DO (mg/l)	1.62±1.32	0.86±1.01	0.95±0.52	3.03±1.77	65	4
SS (mg/l)	29.74±33.00	28.75±29.81	17.69±5.49	31.98±35.71	70	ไม่ระบุในมาตรฐาน
EC (ds/m)	0.34±0.05	0.36±0.04	0.32±0.04	0.27±0.06	65	ไม่ระบุในมาตรฐาน
TDS (mg/l)	198.26±90.61	191.82±81.73	193.59±59.30	177.96±59.49	74	ไม่ระบุในมาตรฐาน
BOD (mg/l)	4.85±1.44	5.92±2.24	4.54±0.83	4.40±2.07	74	5
COD (mg/l)	74.87±23.78	87.56±37.43	77.84±40.55	69.97±34.49	74	ไม่ระบุในมาตรฐาน
TKN (mg/l)	6.10±2.89	7.79±3.72	6.19±2.43	4.66±3.35	74	ไม่ระบุในมาตรฐาน
NH ₃ (mg/l)	3.07±1.55	4.50±1.61	2.23±0.62	1.69±1.39	71	5
CHR (µg/g)	4.99±3.79	4.16±4.25	-	4.46±3.54	74	-
CHN (µg/g)	2.20±1.70	3.61±4.72	-	5.09±3.82	74	-
CPN (µg/g)	4.34±3.34	6.39±7.31	-	6.48±6.09	74	-
Sterol(µg/g)	126.81	155.68	-	176.34	74	-

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบสารประกอบฟัลด์สเตียรอล ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	Sterol	TC	CHR	FC	CHN	TOCs	TOCw	CPN	TKN	pH	DO	NH3	Temp	SS
Sterol	1													
TC	0.028	1												
CHR	0.846**	-0.010	1											
FC	-0.041	0.886**	-0.070	1										
CHN	0.882**	0.079	0.567**	-0.018	1									
TOCs	0.228	-0.092	0.055	0.007	0.274*	1								
TOCw	-0.239**	-0.183	-0.323*	-0.124	-0.163	-0.246	1							
CPN	0.958**	0.019	0.708**	-0.024	0.839**	0.276*	-0.219	1						
TKN	0.238	0.246	0.244	0.191	0.149	0.022	0.015	0.235	1					
pH	-0.396**	-0.317*	-0.325*	-0.268	-0.307*	-0.111	0.191	-0.414**	-0.189	1				
DO	-0.280	-0.379*	-0.225	-0.326*	-0.270	0.116	-0.070	-0.259	-0.448**	0.331*	1			
NH3	0.255	0.440**	0.213	0.258	0.264*	0.091	0.047	0.222	0.413**	-0.208	-0.768**	1		
Temp	0.250	0.028	0.190	0.038	0.201	0.188	0.038	0.266*	0.231	-0.397**	-0.368*	0.220	1	
SS	0.064	0.389**	0.045	0.314*	0.112	0.066	-0.383*	0.033	-0.061	0.054	-0.246	0.424**	-0.313*	1

หมายเหตุ: CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; TOC: total organic carbon,

FC: fecal coliforms, TOCs: TOC of sediments, TOCw: TOC of water, N = 54-74

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level

2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำในคลอง พบว่าช่วงที่อุณหภูมิน้ำต่ำสุดและสูงสุด 27.0-32.0 องศาเซลเซียส พบว่าแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าประมาณ 29.47-29.55 (ตารางที่ 10) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานระบายน้ำ ปี 2554 และ 2555 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.2 และ 28.7 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับข้อมูล ปี 2550-2552 พบว่าเมื่อเทียบกับบริเวณหลังตลาดนานา และสะพานดำรงสถิต (ถ.เจริญกรุง) อุณหภูมิน้ำมีค่าเท่ากับ 28.80, 29.30 และ 29.30 องศาเซลเซียส (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) จะเห็นได้ว่าแต่ละปีโดยเฉพาะเดือนเมษายน 55 เป็นฤดูร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25 - 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็น mesophilic bacteria คือ อุณหภูมิปานกลางที่มีผลต่อเชื้อก่อโรคเจริญเติบโตได้ดี ส่วน Thermophilic bacteria คืออุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 45-80 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ทนร้อนได้ ทั้งนี้หาอุณหภูมิมาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิมี่ความสัมพันธ์ (ตารางที่ 11) กับค่าเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และอุณหภูมิมี่ความสัมพันธ์กับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะเห็นได้ว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลงจะทำให้ น้ำเกิดเน่าเสียแบบไร้อากาศได้

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

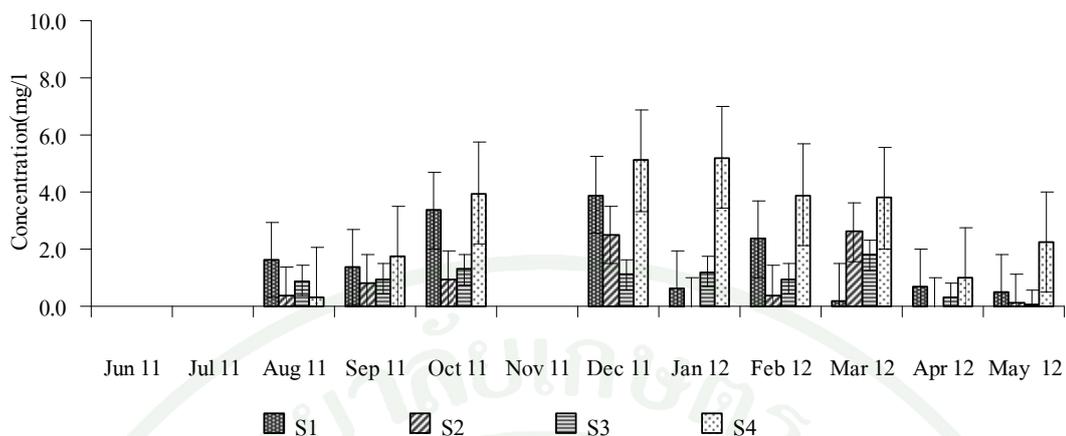
ค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6.5 และ 7.4 แต่มีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 7.09-7.18 (ตารางที่ 10) ซึ่งมีค่าเป็นกลาง และข้อมูลปี 2550-2552 และ ปี 2554-2555 ของสำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานครมีค่า pH 6.8-7.2 และ pH 6.8-7.1 แต่เมื่อเทียบกับหลังตลาดนานา พบว่าจะอยู่ในช่วง pH 6.9-7.1 และที่สะพานดำรงสถิต (ถ.เจริญกรุง) pH 6.8-7.0 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) จากข้อมูลที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ปี 2554 พบว่าค่า pH มีแนวโน้มลดลง แต่ปี 2555 ค่า pH เพิ่มขึ้น แต่ก็อยู่ในช่วง pH 6.5-7.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เชื้อแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติ (ตารางที่ 11) พบว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟิคัลแบคทีเรีย และสารประกอบฟิคัลสเตียรอล แต่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ หรือยังไม่สามารถสรุปได้

2.3 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)

ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายน้ำ (ภาพที่ 15) พบค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 คือเดือนมกราคม 55 และเดือนเมษายน 55 ที่จุดเก็บสมมติกรมารคจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 5 (ตารางที่ 1) และค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงสุดเท่ากับ 5.20 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดอยู่ในมาตรฐานน้ำผิวดินประเภท 2 สรุปได้ว่าจุดเก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บตั้งแต่เดือนสิงหาคม 54 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงเดือนธันวาคม 54 จากนั้นก็มีแนวโน้มลดลงจนถึงเดือนพฤษภาคม 55 ส่วนมีแนวโน้มต่ำลงแสดงว่าน้ำมีค่าความสกปรกมาก แต่พบว่าชุมชน โอ่งอ่าง และชุมชน บางลำพูมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากกว่าจุดเก็บสะพานสมมติกรมารคและสะพานผ่านฟ้าซึ่งแสดงว่าน้ำมีค่าความสกปรกน้อย อาจเนื่องมาจากมีน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาระบายเข้ามาทำให้น้ำมีการถ่ายเท

เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายกับข้อมูลปี 2550-2552 และปี 2554-2555 (สำนักงาน ระบายน้ำ, 2556) มาเปรียบเทียบแต่ละจุดเก็บ พบว่าจุดเก็บ โอ่งอ่างอยู่ในช่วง 1.7-2.50 และ 2.4-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บสะพานสมมติกรมารคอยู่ในช่วง 0.3-0.40 และ 0.5-0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 0.3-0.6 และ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับและ จุดเก็บบางลำพูอยู่ในช่วง 2.30-2.70 และ 2.4-3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อเทียบข้อมูลปี 2554-2555 ของสำนักงานระบายน้ำกับข้อมูลที่นำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ (ตารางที่ 10) พบว่าจุดเก็บชุมชน โอ่งอ่าง สะพานสมมติกรมารค และสะพานผ่านฟ้า จัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 5 (ตารางที่ 1) ส่วนชุมชนบางลำพู จัดอยู่ประเภท 2 หรือ 3 แต่อย่างไรก็ตามน้ำในคลองรอบกรุง (โอ่งอ่าง-บางลำพู) มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของสัตว์น้ำ เพราะค่าที่เหมาะสมต้องมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำ

หมายเหตุ ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บ June 11 July 11 และ November 11

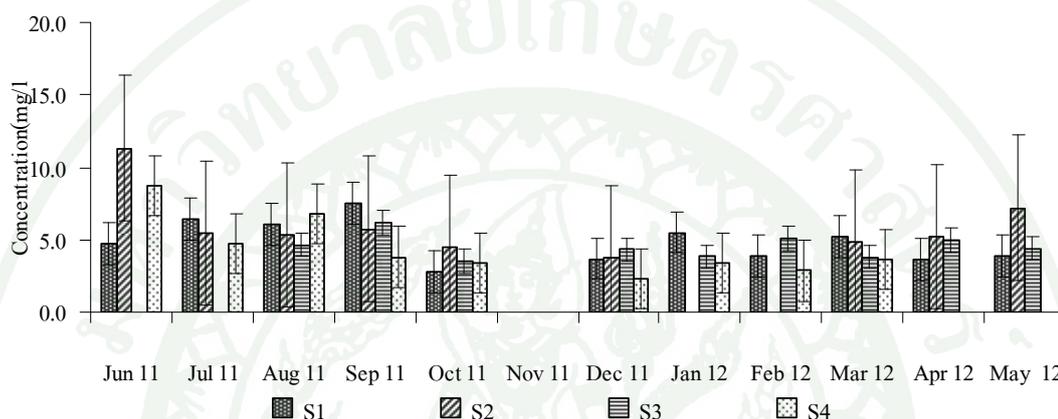
จุดเก็บ S2=0 ของ January 12 และ April 12

2.4 ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

ค่าเฉลี่ยความสกปรกในรูปบีโอดีของคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) (ภาพที่ 16) ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร คือจุดเก็บชุมชนบางลำพูพบในเดือนกุมภาพันธ์ 55 และค่าเฉลี่ยความสกปรกบีโอดีสูงสุดเท่ากับ 11.3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบบริเวณจุดเก็บสะพานสมมตอมรรมากรในช่วงเดือนมิถุนายน 54 ซึ่งจากข้อมูลค่าเฉลี่ยความสกปรกในรูปบีโอดีแนวโน้มลดลงในเดือนมิถุนายน 54-กันยายน 54 ส่วนเดือนตุลาคม 54-พฤษภาคม 55 มีแนวโน้มสูงขึ้น พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ค่าความสกปรกในรูปบีโอดีที่ค่าสูง คือบริเวณจุดเก็บสะพานสมมตอมรรมากร และสะพานผ่านฟ้าลีลาศ แต่พบว่าจุดเก็บบางลำพูมีน้ำค่อนข้างสะอาดกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น

เมื่อเทียบกับข้อมูลปี 2550-2552 และปี 2554-2555 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) ของจุดเก็บชุมชนโอง่างอยู่ในช่วง 5.0-7.9 และ 3.4-3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บสะพานสมมตอมรรมากรอยู่ในช่วง 11.0-15.80 และ 12.7-14.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 11.0-13.2 และ 8.0-8.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ชุมชนบางลำพูอยู่ในช่วง 6.9-10.0 และ 4.3-7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากการเทียบข้อมูลของสำนักงานระบายน้ำ ปี 2554- 2555 มีค่าความสกปรกของน้ำเสียในลำคลองน้อยลงกว่าปี 2550-2552 ปริมาณสารอินทรีย์ในลำคลองที่มีปริมาณลดลง สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงขึ้น จากภาพที่ 16 ค่าความสกปรกในรูปบีโอดีทำให้คลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) จัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 5 (ตารางที่ 1) ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อคมนาคม



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความสกปรกในรูปบีโอดี

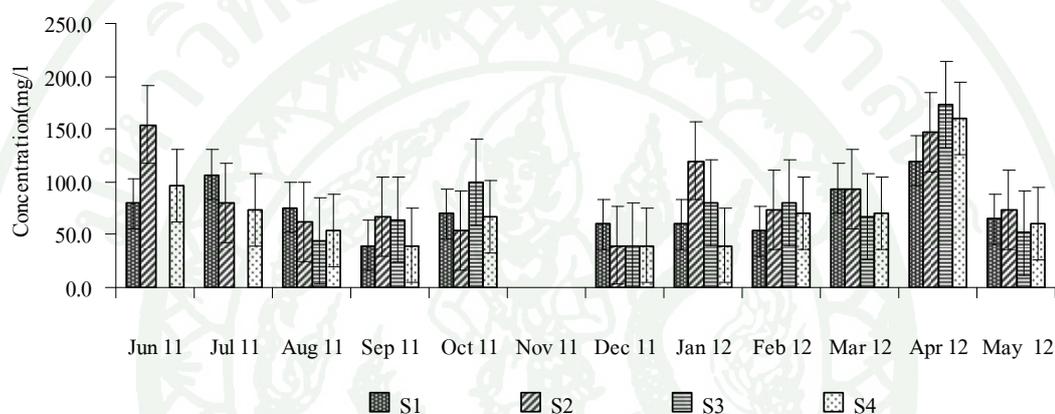
หมายเหตุ ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บ November 11 และ S3 ของ June 11 July 11 จุดเก็บ S2=0 ของ January 12 February 12 และ S4=0 ของ May 12

2.5 ค่าความสกปรกในรูปซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)

ค่าเฉลี่ยความสกปรกในรูปซีโอดี (COD) (ภาพที่ 17) พบค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 40.0 มิลลิกรัมต่อลิตรจุดเก็บตัวอย่างทุกแห่ง แต่บริเวณจุดเก็บสมมตอมรรค สะพานผ่านฟ้าลีลาศ และชุมชนบางลำพูจะมีค่าเท่ากันและน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม 54 ส่วนค่าเฉลี่ยความสกปรกซีโอดีสูงสุดเท่ากับ 173.3 มิลลิกรัมต่อลิตรพบบริเวณจุดเก็บสะพานผ่านฟ้าลีลาศเป็นช่วงเดือนเมษายน 55 อนินทรีย์มากขึ้น ความสกปรกในรูปซีโอดีมีค่าในเดือนธันวาคม 54 จนถึงเดือนเมษายน 55 มีแนวโน้มสูงขึ้น พบว่าเดือนเมษายน 55 จุดเก็บทุกจุดมีค่าสูง อาจเป็นเพราะน้ำในลำคลองปริมาณน้ำน้อย ไม่มีการระบายน้ำจึงมีการสะสมค่าความสกปรกของสารอินทรีย์และอนินทรีย์มากขึ้น และเดือนพฤษภาคม 55 มีค่าลดลงและเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนมิถุนายน 54 ส่วนเดือนกรกฎาคม 54 จนถึงกันยายน 54

พบว่ามีความผันผวนลดลง แต่เดือนตุลาคม 54 มีค่าสูงขึ้นอีกอาจเป็นเพราะมีการสะสมสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เกิดจากการระบายน้ำ เพื่อเตรียมรับน้ำท่วม

จากข้อมูลปี 2550-2552 กับปี 2554-2555 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) ของจุดเก็บชุมชนโอง่างอยู่ในช่วง 23.1-30.7 และ 30.4-30.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บสมมตอมรรมาครอยู่ในช่วง 29.0-33.6 และ 38.1-48.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 34.0-45.0 และ 38.1-58.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บชุมชนบางลำพูอยู่ในช่วง 25.7-39.0 และ 19.1-43.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าความสกปรกในรูปซีโอดี (COD)

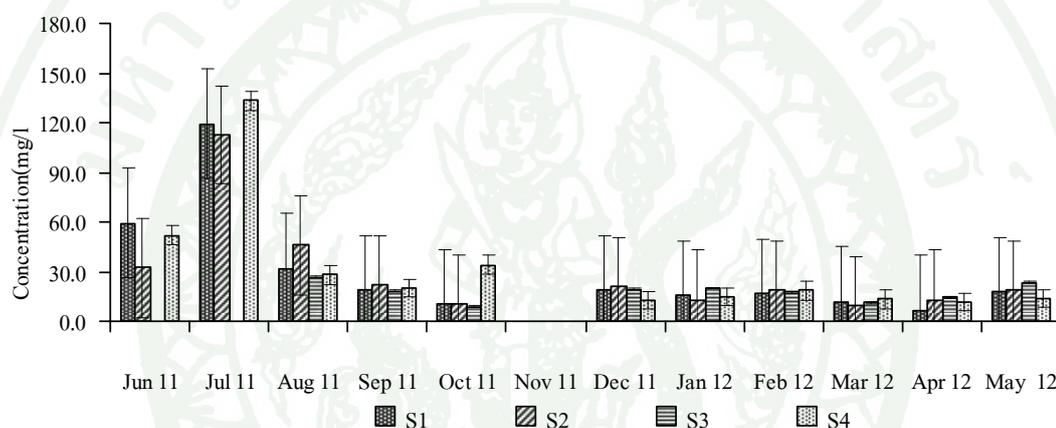
หมายเหตุ ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บ November 11 และ S3 ของ June 11 July 11

2.6 ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solid: SS)

ปริมาณสารแขวนลอย (ภาพที่ 18) พบว่าค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตรที่จุดเก็บชุมชนโอง่างช่วงเดือนเมษายน 55 ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 133.1 มิลลิกรัมต่อลิตรที่จุดเก็บชุมชนบางลำพูช่วงเดือนกรกฎาคม 54 พบว่าปริมาณสารแขวนลอยเดือนธันวาคม 54 ถึงเดือนพฤษภาคม 55 มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เดือนมิถุนายน 54 ถึงเดือนกรกฎาคม 54 มีค่าสูงกว่าเดือนอื่นๆสาเหตุที่ค่าปริมาณสารแขวนลอยสูงเกิดจากตะกอนฟุ้ง เพราะช่วงหน้าฝนมีการระบายน้ำ ส่วนเดือนสิงหาคม 54 ถึงเดือนตุลาคม 54 มีแนวโน้มสารแขวนลอยลดลง ยกเว้นจุดเก็บชุมชนบางลำพู (S4) ที่มีค่าสูง เพราะมีการระบายน้ำเข้าจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่คลองบางลำพู เพื่อป้องกันน้ำท่วม

ข้อมูลปี 2550-2552 เทียบกับปี 2554-2555 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) ของจุดเก็บชุมชน โอง่างอยู่ในช่วง 23.1-30.7 และ 25.7-30.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บสมมตอมรรคอยู่ในช่วง 11.8-21.0 และ 38.1-48.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 29.1-48.0 และ 38.1-58.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บชุมชนบางลำพูอยู่ในช่วง 22.4-61.0 และ 19.1-43.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

หาความสัมพันธ์ทางสถิติของปริมาณสารแขวนลอย (ตารางที่ 11) พบความสัมพันธ์ของแข็งแขวนลอยกับแอม โมเนีย อุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในน้ำ และกลุ่ม โคลิฟอร์มแบคทีเรีย



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแขวนลอย

หมายเหตุ ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บ November 11 และ S3=0 ของ June 11 July

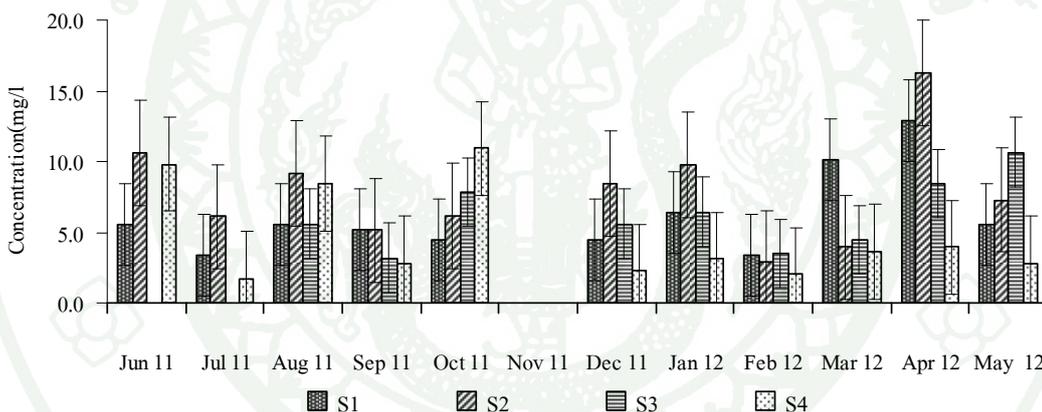
2.7 ไนโตรเจนรวมทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

ปริมาณไนโตรเจนรวมทีเคเอ็น (ภาพที่ 19) พบว่าค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตรที่จุดเก็บชุมชนบางลำพูช่วงเดือนกรกฎาคม 54 ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 16.2 มิลลิกรัมต่อลิตรที่จุดเก็บสมมตอมรรคช่วงเดือนเมษายน 55 พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมทีเคเอ็นมีแนวโน้มสูงขึ้นในเดือนธันวาคม 54-เมษายน 55 พบว่าเดือนเมษายน 55 มีปริมาณทีเคเอ็นสูงทุกจุดเก็บอาจเป็นเพราะการสะสมของสารอินทรีย์ยกเว้นจุดเก็บชุมชนบางลำพูที่มีค่าไม่แตกต่างกันมาก อาจเป็นเพราะไม่มีการระบายน้ำเข้า ส่วนเดือนกรกฎาคม 54-ตุลาคม 54 มีแนวโน้มสูงขึ้น จะเห็นได้ว่าตุลาคม 54 จุดเก็บ

ชุมชนบางลำพู (S4) มีค่าปริมาณไนโตรเจนรวมที่เคเอ็นสูงกว่าจุดอื่น อาจเนื่องมาจากมีการระบายน้ำเข้าจากแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์และอนินทรีย์มาก

เปรียบเทียบข้อมูลปี 2550-2552 และปี 2554-2555 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) ของจุดเก็บชุมชนโอ่งอ่างอยู่ในช่วง 2.1-6.2 และ 2.1-3.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บสมมตอมรรมาครอยู่ในช่วง 3.7-7.6 และ 5.2-5.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 3.4-6.6 และ 4.4-5.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บชุมชนบางลำพูอยู่ในช่วง 2.6-7.1 และ 3.1-3.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เปรียบเทียบข้อมูลปี 2550-2552 บริเวณหลังตลาดนานาอยู่ในช่วง 3.8-5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่สะพานดำรงสถิต (ถ.เจริญกรุง) อยู่ในช่วง 2.6-8.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมที่เคเอ็นปี 2554-2555 ในคลองรอบกรุงมีแนวโน้มสูงขึ้น



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมที่เคเอ็น

หมายเหตุ: ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บ November 11 และ S3 ของ June 11 July 11

2.8 แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen : NH₃ -N)

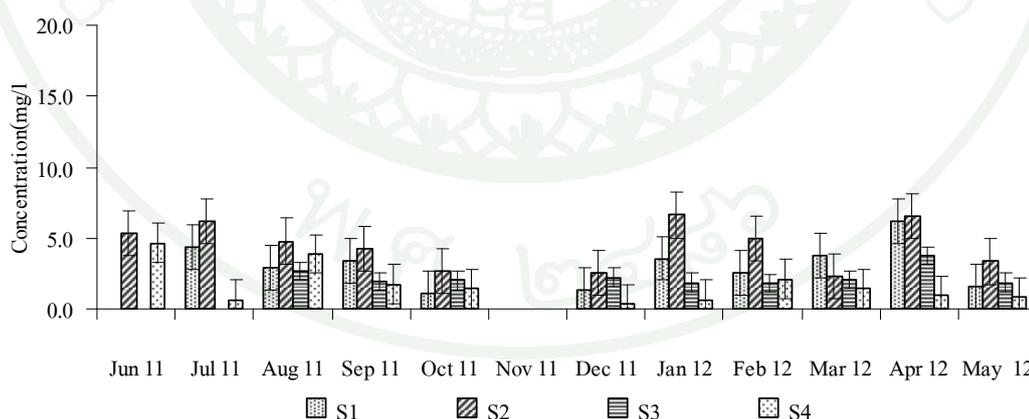
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (ภาพที่ 20) พบว่าค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บชุมชนบางลำพูช่วงเดือนกรกฎาคม 54 ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตรที่จุดเก็บสมมตอมรรมาครช่วงเดือนเมษายน 55 พบว่าแนวโน้มต่างจากปริมาณไนโตรเจนรวมที่เคเอ็นค่าที่ได้จะมีต่ำ และสูงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นแนวโน้มปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนลดลง

ในช่วงเดือนสิงหาคม 54 ถึงเดือนตุลาคม 54 และมีแนวโน้มสูงขึ้นช่วงเดือนตุลาคม 54 จนถึงเดือนมกราคม 55 โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมักขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ หากมีปริมาณออกซิเจนสูงแอมโมเนียจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทมากขึ้น

เปรียบเทียบข้อมูลปี 2550-2552 และปี 2554-2555 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) ของจุดเก็บชุมชนโอง่างเท่ากับ 0.3 และ 0-1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บสมมตอมรรคอยู่ในช่วง 0.8-1.5 และ 2.7-3.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 0.90-1.00 และ 1.9-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จุดเก็บชุมชนบางลำพูอยู่ในช่วง 0.4-0.9 และ 1.2-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และเมื่อเทียบข้อมูลปี 2550-2552 บริเวณหลังตลาดนานาอยู่ในช่วง 0.50-1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่สะพานดำรงสถิต (ถ.เจริญกรุง) อยู่ในช่วง 0.6-1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเก็บตัวอย่างช่วงเวลาที่แตกต่างกันและข้อมูลที่วิเคราะห์เก็บตัวอย่างทุกเดือน เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จัดอยู่ประเภท 5 (ตารางที่ 1) ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อคมนาคม

จากการศึกษาทางสถิติของแอมโมเนียไนโตรเจน (ตารางที่ 11) พบความสัมพันธ์กับไนโตรเจนรวมที่เคื่อนกับออกซิเจนละลายน้ำแบบมีนัยสำคัญทางลบ ($P < 0.01$) แต่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ สารประกอบคอเลสเตอรอล และแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

หมายเหตุ: ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกจุดเก็บ November 11 และ S3 ของ June 11 July 11 ไม่มีข้อมูล S1

สรุปได้ว่าการวิเคราะห์น้ำหาลาพารามิเตอร์ทางเคมี เปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ตารางที่ 1) พบว่าคุณภาพน้ำในคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) จัดอยู่ประเภทที่ 5 การนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อคมนาคม

2.9 ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย แสดงในตารางที่ 12 ในหน่วย log MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร พบว่าค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาของคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) พบว่าชุมชนบางลำพู มีค่าต่ำสุด และสูงสุดคือชุมชนโอง่าง มีค่าเท่ากับ 5.62 ± 0.80 และ 6.42 ± 0.56 log MPN ตามลำดับ จัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภท 5 (ตารางที่ 10)

เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบปี 2550-2552 และปี 2554-2555 (สำนักงานระบายน้ำ, 2556) ของจุดเก็บชุมชนโอง่างอยู่ในช่วง 6.2-7.3 และ 6.3-7.7 log MPN ตามลำดับ จุดเก็บสะพานสมมตอมรรคอยู่ในช่วง 7.6-8.8 และ 9.2-10.5 log MPN ตามลำดับ สะพานผ่านฟ้าลีลาศอยู่ในช่วง 7.48-8.5 และ 9.3-9.5 log MPN ตามลำดับ จุดเก็บชุมชนบางลำพูอยู่ในช่วง 6.4-8.4 และ 6.1-8.4 log MPN ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาของคลองโอง่าง-บางลำพู

	Total Coliform (Log MPN/100ml)	Fecal coliform (LogMPN/100ml)	จำนวนตัวอย่าง ทั้งหมด
ชุมชนโอง่าง (S1)	6.42±0.56	6.14±0.66	74
สะพานสมมตอมรรค (S2)	6.24±0.34	6.37±0.30	74
สะพานผ่านฟ้าลีลาศ (S3)	5.99±0.13	5.88±0.23	74
ชุมชนบางลำพู (S4)	5.62±0.80	5.57±0.94	74

หมายเหตุ Average ± SD, ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละเดือนนำมาเฉลี่ย

2.10 ปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณฟีคัล โคลิฟอร์มแบคทีเรียเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย (ตารางที่ 12) พบว่าจุดเก็บที่มีค่าต่ำสุดและสูงสุด คือชุมชนบางลำพูและสะพานสมมตอมรรมาศ มีค่าเท่ากับ 5.57 ± 0.94 log MPN และ 6.37 ± 0.30 log MPN ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งสองค่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน (ตารางที่ 1) ประเภท 5 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อคมนาคมเท่านั้น

3. การศึกษาตะกอนดินคลอง

3.1 คุณสมบัติทางเคมีบางประการ

จากตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณทั้งหมดคาร์บอนของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณสะพานสมมตอมรรมาศมีค่าเท่ากับ 27.83 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินตะกอนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณสะพานสมมตอมรรมาศเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 47.98 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ตรวจวัดหาความชื้นในตะกอนดินพบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ บริเวณชุมชนบางลำพู มีความชื้นในดินแห้งร้อยละ 2.28

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยทางเคมีของตะกอนดินคลองโอ่งอ่าง-บางลำพู

	ชุมชนโอ่งอ่าง	สะพานสมมตอมรรมาศ	ชุมชนบางลำพู
TOC (g/kg)	10.08 ± 5.20	27.83 ± 9.42	26.06 ± 2.81
OM (g/kg)	17.38 ± 8.96	47.98 ± 16.24	44.94 ± 4.98
Moisture content (%)*	0.69 ± 0.42	1.81 ± 1.07	2.28 ± 1.19

หมายเหตุ จำนวนตัวอย่าง 61 ตัวอย่าง

* หลังฝังในลม 3-5 วัน

3.2 สารประกอบสเตียรอยด์

การศึกษาพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ ได้แบ่ง 3 ฤดูกาล ดังนี้ ฤดูฝนเริ่มกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนเริ่มกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ตามฤดูกาลของประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2007) จากการเก็บตัวอย่างมาศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล มีผลต่อการสะสมการปนเปื้อนอุจจาระในคลองโอง่าง-บางลำพูดังนี้

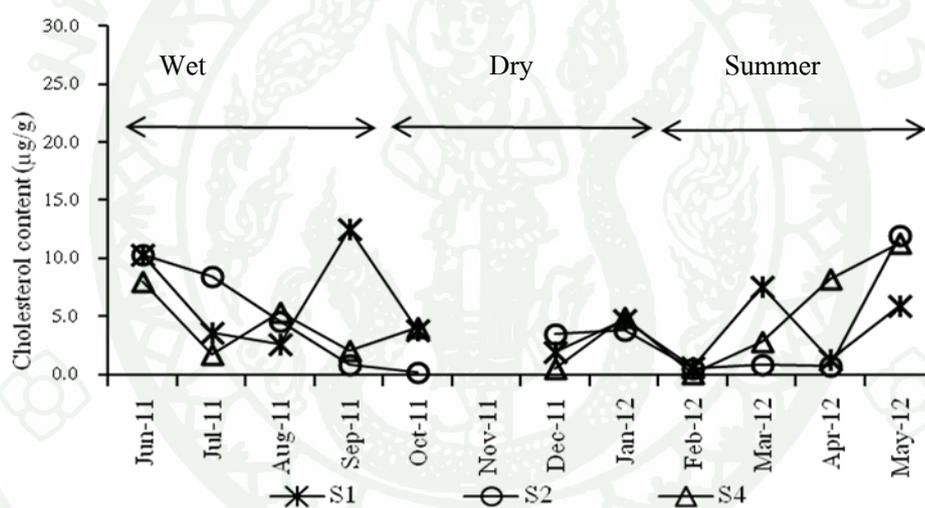
3.2.1 สารประกอบคอเลสเตอรอล

สารประกอบคอเลสเตอรอลช่วงฤดูฝน (มิถุนายน 54-กันยายน 54) พบว่ามีการสะสมของตะกอนที่ปนเปื้อนอุจจาระ (ภาพที่ 21) พบว่าในเดือนมิถุนายน 54 มีปริมาณสารประกอบคอเลสเตอรอลสูงทุกจุดเก็บตัวอย่าง และมีแนวโน้มลดลงจนถึงเดือนกันยายน 54 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน ยกเว้นบริเวณชุมชนโอง่างที่มีปริมาณสารประกอบคอเลสเตอรอลที่สูงขึ้น ถ้าพิจารณาตามจุดเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องของจุดเก็บตัวอย่างบริเวณชุมชนโอง่าง สะพานสมมตอมรรมาศ และชุมชนบางลำพู พบว่าการปนเปื้อนอุจจาระมีแนวโน้มลดลง การสะสมของสารประกอบคอเลสเตอรอลมีปริมาณสูงสุดในเดือนกันยายน 54 และต่ำสุดในเดือนสิงหาคม 54 มีค่าเท่ากับ 12.478 และ 2.590 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เดือนกันยายน 54 มีการสะสมสูงสุด พบว่ามีการเปิดประตูระบายน้ำโอง่างให้น้ำระบายน้ำเข้าคลองน้อย และระดับน้ำภายในคลองโอง่างต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (ภาพที่ 12) ทำให้ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนมาก ทำให้ตรวจพบปริมาณสารประกอบคอเลสเตอรอลสูงขึ้น ส่วนจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสมมตอมรรมาศและชุมชนบางลำพู มีการสะสมของสารประกอบคอเลสเตอรอลที่มีปริมาณสูงสุดเดือนมิถุนายน 54 และต่ำสุดในเดือนกันยายน 54 เช่นกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.358 และ 0.896 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ชุมชนบางลำพู พบว่ามีการสะสมคอเลสเตอรอลสูงสุด และต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 7.972 และ 2.093 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ในฤดูหนาว(ตุลาคม 54-มกราคม 55) ปี 2554 หลายจังหวัดประสบปัญหา น้ำท่วม ซึ่งกรุงเทพฯ ก็เกิดน้ำท่วมประมาณ (ตุลาคม 54-พฤศจิกายน 54) จึงทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 54 แต่มีข้อมูลที่เก็บในช่วงฤดูหนาว ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มสูงสุดในเดือนมกราคม 55 ที่จุดเก็บตัวอย่างชุมชนโอง่าง สะพานสมมตอมรรมาศ และชุมชนบางลำพูมีปริมาณของสารประกอบคอเลสเตอรอลปริมาณสูงสุด มีค่าเท่ากับ 4.701, 3.787 และ 4.888 ไมโครกรัมต่อกรัม

ตามลำดับ และต่ำสุดเดือนตุลาคม 54 ที่จุดเก็บชุมชน โอง่าง และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 1.901, 0.200 และ 0.478 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

สารประกอบคอเลสเตอรอลในฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55) จุดเก็บตัวอย่าง สะพานสมมตอมรรมาศ และชุมชนบางลำพู พบว่ามีการสะสมสารประกอบคอเลสเตอรอลสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 55 มีค่าเท่ากับ 11.957 และ 11.303 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนจุดเก็บชุมชนโอง่างมีการสะสมสูงสุดในเดือนมีนาคม 55 มีค่าเท่ากับ 7.566 ไมโครกรัมต่อกรัม สาเหตุที่ทำให้เดือนพฤษภาคม 55 มีการสะสมสารประกอบคอเลสเตอรอลสูงสุด เพราะบริเวณจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดเก็บมีปริมาณระดับน้ำภายในคลองต่ำ ยกเว้นจุดเก็บชุมชนโอง่างที่มีระดับน้ำมากกว่าจุดเก็บอื่น เนื่องจากมีการระบายน้ำเข้า



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคอเลสเตอรอล

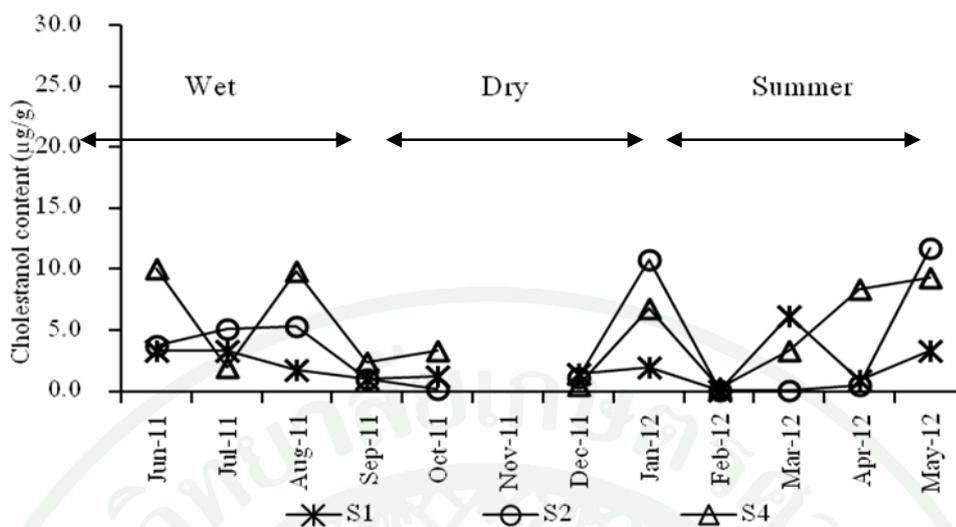
สรุปได้ว่าสารประกอบคอเลสเตอรอลพบปริมาณสูงสุดช่วงฤดูฝนในเดือนกันยายน 54 มีค่าเท่ากับ 12.478 ไมโครกรัมต่อกรัม และค่าต่ำสุดช่วงฤดูร้อนในเดือนเดือนกุมภาพันธ์ 55 มีค่าเท่ากับ 0.107 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียที่ระบบบำบัดน้ำเสียของประเทศไทย 37-147 ไมโครกรัมต่อกรัม (Nguyen *et al.*, 2007) ทั้งนี้สารประกอบคอเลสเตอรอลสามารถตรวจพบได้ในอุจจาระของมนุษย์ มูลหมู มูลหนู มูลสุนัข และมูลสัตว์ปีก เช่น ไก่ นก ดังนั้นจึงสามารถบอกเป็นนัยได้ว่าคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) มีการปนเปื้อนมูลสัตว์เลือดอุ่นรวมทั้งอุจจาระมนุษย์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนที่ตรวจวัดได้จากแม่น้ำ 0.64-3.92 ไมโครกรัมต่อกรัม (Chan *et al.*, 1997)

3.2.2 สารประกอบคอเลสเตอรอล

สารประกอบคอเลสเตอรอลในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน 54 - กันยายน 54) พบว่าจุดเก็บตัวอย่างชุมชน โอ่งอ่างและชุมชนบางลำพู (ภาพที่ 22) พบว่าเดือนมิถุนายน 54 มีคอเลสเตอรอลสูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.330 และ 9.996 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นแต่จุดเก็บตัวอย่างสะพานสมมตอมรรคมีการสะสมสูงสุดในเดือนสิงหาคม 54 มีค่าเท่ากับ 5.289 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำสุดพบบริเวณจุดเก็บชุมชน โอ่งอ่าง สะพานสมมตอมรรค และชุมชนบางลำพู มีค่าเท่ากับ 0.949, 1.005 และ 1.918 ไมโครกรัมต่อกรัม

สารประกอบคอเลสเตอรอล ในช่วงฤดูหนาว (ตุลาคม 54-มกราคม 55) มีการสะสมคอเลสเตอรอลสูงสุดในเดือนมกราคม 55 มีแนวโน้มสูงสุดเช่นเดียวกับสารประกอบคอเลสเตอรอล พบว่าจุดเก็บตัวอย่างชุมชน โอ่งอ่าง สะพานสมมตอมรรค และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 1.937 10.782 และ 6.768 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม 54 ที่จุดเก็บตัวอย่างชุมชน โอ่งอ่างและสะพานสมมตอมรรค มีค่าเท่ากับ 1.181 และ 0.151 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แต่ชุมชนบางลำพูมีการสะสมสารประกอบคอเลสเตอรอลต่ำสุดในเดือนธันวาคม 54 มีค่าเท่ากับ 0.516 ไมโครกรัมต่อกรัม

สารประกอบคอเลสเตอรอล ในช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55) พบว่ามีการปนเปื้อนอุจจาระสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงเดือนพฤษภาคม 55 พบจุดเก็บตัวอย่างสะพานสมมตอมรรค และชุมชนบางลำพู มีค่าเท่ากับ 11.749 และ 9.297 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แต่จุดเก็บชุมชน โอ่งอ่างมีการสะสมสารประกอบคอเลสเตอรอลสูงสุดในเดือนมีนาคม 55 มีค่าเท่ากับ 6.117 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนค่าต่ำสุดพบในเดือนกุมภาพันธ์ 55 ที่จุดเก็บชุมชน โอ่งอ่าง และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 0.065 และ 0.227 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนค่าต่ำสุดจุดเก็บสะพานสมมตอมรรค พบในเดือนมีนาคม 55 มีค่าเท่ากับ 0.083 ไมโครกรัมต่อกรัม



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบคอเลสเตอรอล

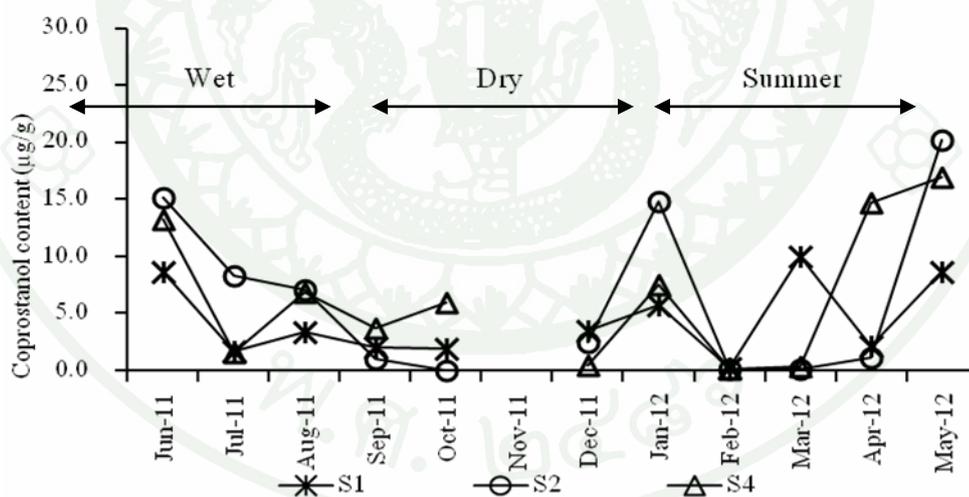
สรุปได้ว่าสารประกอบคอเลสเตอรอล มีปริมาณการสะสมสูงสุดช่วงฤดูหนาว ในเดือนมกราคม 55 มีค่าเท่ากับ 10.782 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าตะกอนในแม่น้ำของฮ่องกงมีค่าเท่ากับ 0.65-3.87 ไมโครกรัมต่อกรัม (Chan *et al.*, 1997) หมายถึงการปนเปื้อนมูลสัตว์เลื้อยคูลูกอยู่ในระดับสูง และค่าต่ำสุดพบช่วงฤดูร้อนในเดือนกุมภาพันธ์ 55 มีค่าเท่ากับ 0.065 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งสารประกอบคอเลสเตอรอลจะพบในมูลสัตว์ที่กินพืชเป็นหลัก เช่น มูลหนู มูลสุนัข มูลไก่ มูลหมู และอุจจาระมนุษย์

3.2.3 สารประกอบคอพอสตานอล

สารประกอบคอพอสตานอลในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน 54- กันยายน 54) มีการสะสมคอพอสตานอลสูงสุด (ภาพที่ 23) ในเดือนมิถุนายน 54 และมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างชุมชนโอ่งอ่าง สะพานสมมตอมรรมาศ และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 8.684 15,188 และ 13.269 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และการสะสมสารประกอบคอพอสตานอลต่ำสุดเดือนกรกฎาคม 54 ที่จุดเก็บชุมชนโอ่งอ่าง และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 1.727 และ 1.918 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แต่สะพานสมมตอมรรมาศมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน 54 มีค่าเท่ากับ 1.031 ไมโครกรัมต่อกรัม

สารประกอบคอพอสตานอลในช่วงฤดูหนาว (ตุลาคม 54-มกราคม 55) มีการสะสมที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงจนถึงเดือนมกราคม 55 ที่จุดเก็บชุมชนโอ่งอ่าง สะพานสมมตอมรรค และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 5.680, 14.754 และ 7.503 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และค่าการสะสมการปนเปื้อนออกจากระต่ำสุดพบในเดือนตุลาคม 54 ที่จุดเก็บชุมชนโอ่งอ่างและสะพานสมมตอมรรค มีค่าเท่ากับ 1.181 และ 0.009 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แต่จุดเก็บชุมชนบางลำพูมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม 54 มีค่าเท่ากับ 0.399 ไมโครกรัมต่อกรัม

สารประกอบคอพอสตานอลในช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55) เริ่มเดือนกุมภาพันธ์ 55 มีแนวโน้มการสะสมการปนเปื้อนออกจากระสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 55 ที่จุดเก็บ สะพานสมมตอมรรคและชุมชนบางลำพู มีค่าเท่ากับ 20.205 และ 16.903 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนจุดเก็บชุมชนโอ่งอ่างมีปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดในเดือนมีนาคม 55 มีค่าเท่ากับ 9.946 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าการสะสมการปนเปื้อนออกจากระต่ำสุดพบในเดือนกุมภาพันธ์ 55 จุดเก็บชุมชนโอ่งอ่าง สะพานสมมตอมรรค และชุมชนบางลำพูมีค่าเท่ากับ 0.228, 0.099 และ 0.152 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 23 สารประกอบคอพอสตานอล

สรุปได้ว่าสารประกอบคอพอสตานอล มีปริมาณสูงสุดช่วงฤดูร้อนในเดือนพฤษภาคม 55 มีค่าเท่ากับ 16.903 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าค่อนข้างปานกลาง เมื่อเทียบกับตะกอนในแม่น้ำฮ่องกง 0.34-5.09 ไมโครกรัมต่อกรัม (Chan et al., 1997) และค่าต่ำสุด ช่วงฤดูหนาวในเดือนตุลาคม 54 มีค่าเท่ากับ 0.009 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งสารประกอบคอพอสตานอลสามารถตรวจพบในออกจากระ

มนุษย์เป็นหลัก และอาจพบในมูลสัตว์เลือดอุ่น (ตารางที่ 5 และ 6) เช่น มูลหนู มูลหมู มูลสุนัข มูลไก่ มูลนก ฯ ได้เช่นเดียวกันแต่อยู่ในปริมาณต่ำกว่ามาก

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มีอิทธิพลต่อปริมาณความเข้มข้นสารประกอบฟิโคลสเตียรอล โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือช่วงฤดูฝน พบว่าในเดือนแรกของฤดูฝน (มิถุนายน 54-สิงหาคม 54) มีฝนตกปริมาณมาก ซึ่งสำนักงานระบายน้ำต้องเตรียมคลองสำหรับรับน้ำจึงมีการพร่องน้ำเพื่อใช้ระบายน้ำฝน ระดับน้ำภายในคลองจะต่ำมาก แต่เดือนสิงหาคม 54 เริ่มมีน้ำจากเหนือไหลมาถึงแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณกรุงเทพฯ จนลักษณะน้ำมีตะกอนปนสีแดงจึงมีการเปิดประตูระบายน้ำทั้งสองด้านและเดือนกันยายน 54 ปริมาณน้ำทางเหนือมากขึ้นกว่าเดิมอีกจนน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาไหลแรงมาก จึงมีการระบายน้ำทางประตูระบายน้ำบางลำพูมากจึงทำให้ระดับน้ำภายในคลองสูง (ภาพที่ 13) แต่เปิดประตูระบายน้ำโอง่างเข้าคลองน้อยมากทำให้เกิดการสะสมตะกอนมากยิ่งขึ้น

ฤดูหนาวสาเหตุที่เดือนตุลาคม 54 มีการสะสมของสารประกอบฟิโคลสเตียรอลต่ำสุด เนื่องจากน้ำเหนือมีปริมาณมากจึงมีการระบายน้ำเพื่อรองรับน้ำท่วม ทำให้จุดเก็บตัวอย่างทุกจุดน้ำค่อนข้างสะอาดแต่มีปริมาณน้ำในคลองน้อย เดือนธันวาคม 54 เป็นช่วงหลังน้ำท่วมของกรุงเทพฯ พบว่ามีการระบายน้ำเข้าทั้งสองด้านและแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณน้ำมาก เดือนมกราคม 55 แนวโน้มของจุดเก็บชุมชนบางลำพูมีค่าต่ำสุด เนื่องจากมีน้ำทะเลหนุนสูงจึงจำเป็นต้องระบายน้ำเข้าคลองบางลำพูส่วนจุดเก็บชุมชน โอง่างไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำเข้าจึงทำให้ตะกอนไม่ฟุ้งกระจาย

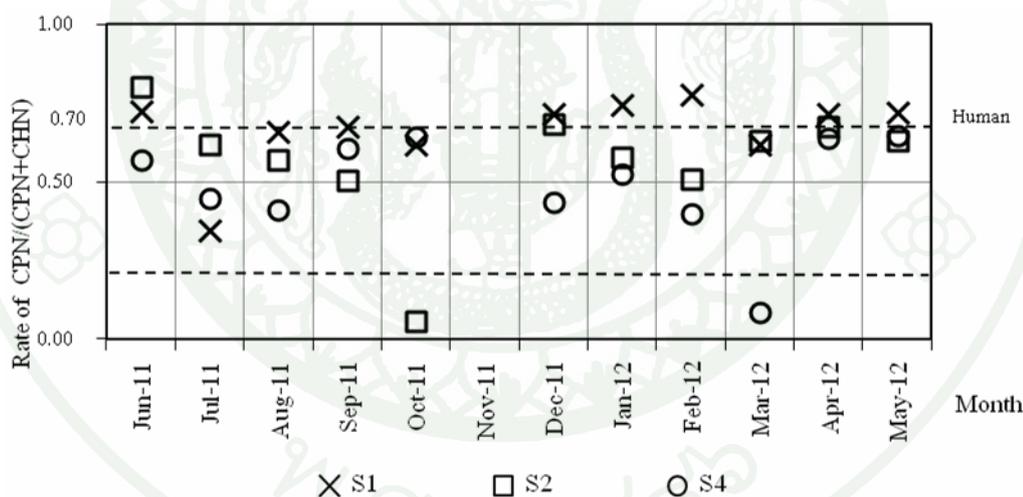
ฤดูร้อนสาเหตุที่ทำให้มีความแตกต่างของการสะสมตะกอนในคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) พบว่าการระบายน้ำเข้าเดือนกุมภาพันธ์ 55 จึงทำให้ตะกอนฟุ้งกระจายแต่ในเดือนมีนาคม 55 ไม่ค่อยมีการระบายน้ำทำให้มีการสะสมของตะกอนจะมากขึ้น ส่วนเดือนเมษายน 55 ไม่มีการระบายน้ำเข้าคลองทั้งสองด้านจึงทำให้น้ำในคลองมีความสกปรกมาก และเดือนพฤษภาคม 55 มีการระบายน้ำเข้าทั้งสองด้านเล็กน้อย จนน้ำทุกจุดเก็บตัวอย่างมีลักษณะสีดำ และมีความสกปรกมากกว่าเดือนเมษายน 55 แต่สังเกตเห็นได้ว่าน้ำที่ไหลลงคลองมาจากท่อระบายน้ำที่มาจากอาคารบ้านเรือน ซึ่งจากข้อมูลทั้งหมดจะเห็นได้ว่าฤดูกาลมีอิทธิพลแล้วนั้น ปัจจัยของระดับน้ำภายในคลองมาเกี่ยวข้องกับสารประกอบฟิโคลสเตียรอลซึ่งจะศึกษาในหัวข้อ 3.5 ต่อไป

3.3 การใช้สารประกอบฟัลสเดียรอลเพื่อระบุแหล่งที่มาของสิ่งปฏิกูล

การวิเคราะห์หาการปนเปื้อนอุจจาระ ศึกษาจากอัตราส่วนของสารประกอบฟัลสเดียรอลของตะกอนในลำคลอง เพื่อจำแนกชนิดแหล่งที่มาของอุจจาระจากมนุษย์ หรือไม่ใช่มนุษย์ เช่น สัตว์เลื้อยคู้่น ใช้ระยะเวลาการศึกษา 1 ปี (มิถุนายน 54 - พฤษภาคม 55) โดยมีข้อมูลที่ใช้หาอัตราส่วนทั้งหมด 33 ชุด แสดงดังต่อไปนี้

3.3.1 อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสทานอล

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสทานอล (ภาพที่ 24) พบว่าค่าอัตราส่วนมากกว่า 0.7 บ่งชี้ว่ามาจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 33.33 ค่าอัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.3-0.7 เป็นค่าอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนว่ามาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 60.61 ส่วนค่าอัตราส่วนน้อยกว่า 0.3 บ่งชี้ว่าไม่ได้มาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 6.06

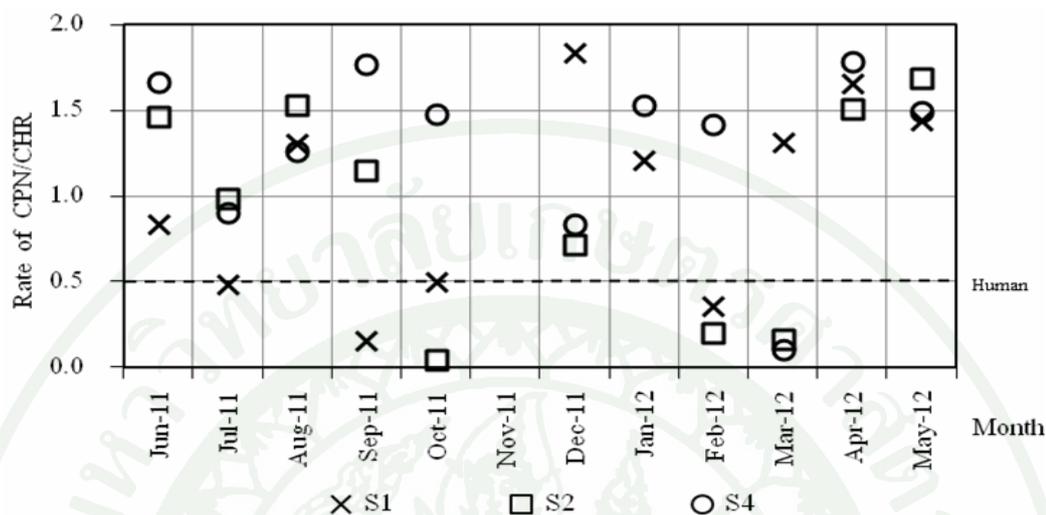


ภาพที่ 24 อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสทานอล

3.3.2 อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตรอล

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตรอล (ภาพที่ 25 และตารางที่ 6) แบ่งออกเป็น 2 ช่วง จากข้อมูลพบว่าค่าอัตราส่วนที่มากกว่า 0.5 บ่งชี้ว่าจากการปนเปื้อน

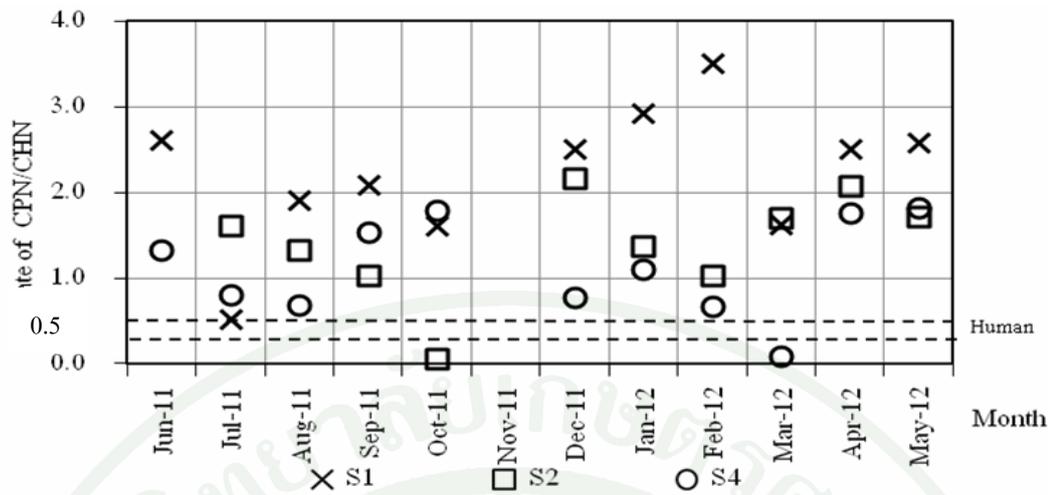
จากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 78.79 ส่วนค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.5 ที่สาเหตุไม่ได้มาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 21.21



ภาพที่ 25 อัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสเตรอล

3.3.3 อัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสทานอล

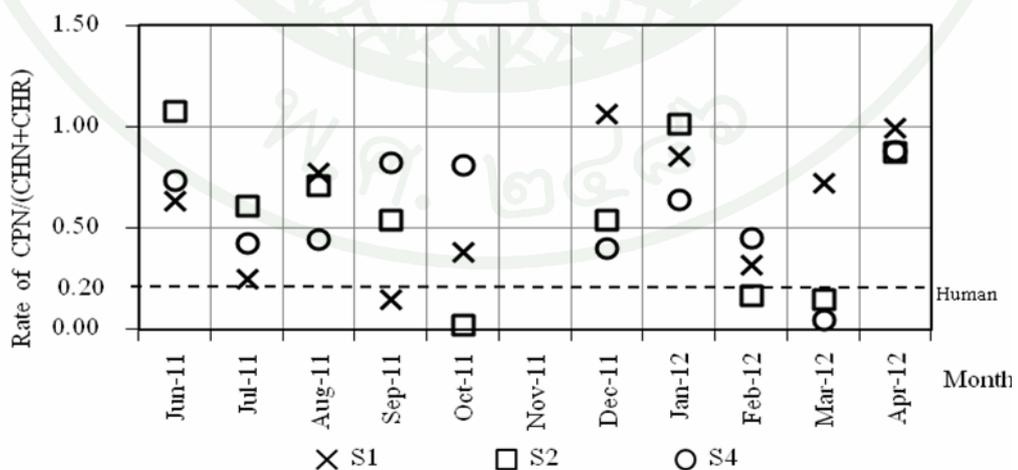
การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสทานอล (ภาพที่ 26 และ ตารางที่ 6) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง พบว่าค่าอัตราส่วนที่มากกว่า 0.5 บ่งชี้ว่ามาจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 93.94 ส่วนค่าอัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.3-0.5 เป็นค่าอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนว่าจากมนุษย์หรือมูลสัตว์เลือดอุ่นมีอยู่ร้อยละ 0 และค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.3 แสดงถึงการปนเปื้อนที่ไม่ได้มาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 6.06



ภาพที่ 26 อัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสทานอล

3.3.4 อัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสทานอลและคอเลสเตรอล

การวิเคราะห์อัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสทานอลและคอเลสเตรอล (ภาพที่ 27 และตารางที่ 6) แบ่งออกเป็น 3 ช่วง จากข้อมูลพบว่าอัตราส่วนที่มากกว่า 0.2 บ่งชี้ว่าสาเหตุมาจากภาวะมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 90.91 ส่วนค่าอัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.15-0.20 เป็นช่วงที่ไม่แน่นอนว่าเกิดจากภาวะมนุษย์หรือมูลสัตว์เล็กน้อย มีอยู่ร้อยละ 3.03 และค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.15 เป็นค่าที่แสดงถึงการปนเปื้อนที่ไม่ได้มาจากภาวะมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 6.06



ภาพที่ 27 อัตราส่วนของคอปอสตานอลต่อคอเลสทานอลและคอเลสเตรอล

จากข้อมูลทั้งหมดที่หาอัตราส่วนสารประกอบฟัลด์สเตียรอล เพื่อหาชนิดการปนเปื้อน จากอุจจาระมนุษย์และไม่ใช่อุจจาระมนุษย์ ทั้งหมด 4 แบบพบว่า มี 3 อัตราส่วนที่บ่งบอกว่าการปนเปื้อนอุจจาระส่วนใหญ่สาเหตุเกิดจากมนุษย์ คือ อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเทอรอล อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอล และอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอล และคอเลสเทอรอล มีค่าอยู่ร้อยละ 78.79 93.94 และ 90.91 แต่อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอล และคอเลสทานอล ที่บ่งบอกว่ามาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 33.33 จากข้อมูลทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนที่วิเคราะห์หาในส่วนมากจะบ่งบอกมาสาเหตุหลักจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์ ส่วนค่าอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนนั้นอาจมาจากอุจจาระมนุษย์หรือมูลสัตว์เลือดอุ่นก็เป็นไปได้ และส่วนอัตราส่วนที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุมนุษย์นั้น อาจเกิดจากการปนเปื้อนของมูลสัตว์เลือดอุ่นก็ได้

3.4 ความสัมพันธ์ทางสถิติทางเคมี-จุลชีววิทยากับสารประกอบฟัลด์สเตียรอล

จากข้อมูลทั้งหมด เมื่อทำการทดสอบหาความสัมพันธ์สารประกอบฟัลด์สเตียรอลกับด้านเคมีและด้านจุลชีววิทยาโดยวิธีทางสถิติ (ตารางที่ 11) พบว่าคอพอสตานอลมีความสัมพันธ์กับคอเลสเทอรอล คอเลสทานอล ปริมาณทั้งหมดของอินทรีย์คาร์บอนในดินและ ปริมาณรวมไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนคอเลสทานอลมีความสัมพันธ์กับคอเลสเทอรอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) จากนั้นนำข้อมูลแต่ละฤดูมาศึกษาความสัมพันธ์โดยทางวิธีสถิติ

ฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายน 54-กันยายน 54 พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีผลต่อสารประกอบ ฟัลด์สเตียรอล และสารประกอบคอพอสตานอล ส่วนแอมโมเนียและของแข็งแขวนลอยมีผลต่อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยมีรายละเอียดการศึกษาทางสถิติดังนี้ (ตารางที่ 14) คอพอสตานอลมีความสัมพันธ์กับคอเลสทานอลและคอเลสทานอล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับคอเลสทานอลและคอพอสตานอลอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ส่วนทางด้านจุลชีววิทยา โคลิฟอร์มแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับฟัลด์โคลิฟอร์ม ของแข็งแขวนลอย และ แอมโมเนียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$ และ $P < 0.05$) ตามลำดับ

ฤดูหนาวช่วงเดือนตุลาคม 54-มกราคม 55 ไม่พบความสัมพันธ์ของสารประกอบฟัลด์สเตียรอลกับพารามิเตอร์ทางเคมี และจุลชีววิทยาโดยมีรายละเอียดการศึกษาทางสถิติดังนี้ (ตารางที่ 15) ส่วนไนโตรเจนทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับของแข็งแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเชิงลบ

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเชิงบวก ($P < 0.01$) และมีความสัมพันธ์กับปริมาณทั้งหมดของอินทรีย์คาร์บอนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเชิงลบ ($P < 0.05$)

ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55 พบว่าของแข็งแขวนลอยมีผลต่อสารประกอบฟัลสเตรอล และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม โดยมีรายละเอียดการศึกษาทางสถิติดังนี้ (ตารางที่ 16) สารประกอบฟัลสเตรอลมีความสัมพันธ์กันทุกชนิดโดยวิธีทางสถิติ ($P < 0.01$) พบความสัมพันธ์กับของแข็งแขวนลอย มีความสัมพันธ์สารประกอบฟัลสเตรอลทุกชนิด

อย่างมีนัยสำคัญเชิงบวก ($P < 0.01$ และ $P < 0.05$) และของแข็งแขวนลอยมีความสัมพันธ์โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟัลสเตรอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเชิงลบ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบสารประกอบฟีลีสเตอรอลในตะกอน ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	CHR	CHN	CPN	TC	FC	TOCs	TOCw	SS	TKN	NH3-N
CHR	1									
CHN	0.360	1								
CPN	0.605**	0.661**	1							
TC	0.016	0.243	0.182	1						
FC	-0.058	0.181	0.153	0.841**	1					
TOCs	0.069	0.518**	0.488**	0.079	0.183	1				
TOCw	-0.210	-0.049	-0.139	-0.227	-0.044	-0.157	1			
SS	-0.025	0.208	0.037	0.427*	0.355	0.101	-0.443	1		
TKN	0.299	0.259	0.377*	0.247	0.123	0.043	0.073	-0.029	1	
NH3-N	0.235	0.323	0.223	0.501*	0.228	0.109	-0.106	0.478*	0.348	1

หมายเหตุ CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; TOC: total organic carbon,

FC: fecal coliforms , TOCs: TOC of sediments, TOCw: TOC of water, N = 14-30

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบสารประกอบฟัลสตีรอลในฤดูหนาว ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	CHR	CHN	CPN	TC	FC	TOCs	TOCw	SS	TKN	NH3-N
CHR	1									
CHN	0.779**	1								
CPN	0.842**	0.646*	1							
TC	0.193	0.570	-0.075	1						
FC	-0.232	-0.258	-0.176	0.946**	1					
TOCs	-0.096	-0.186	0.219	-0.705*	-0.397	1				
TOCw	-0.405	-0.608	-0.105	-0.229	-0.508	0.038	1			
SS	0.158	0.199	0.194	-0.156	0.531	0.012	-0.351	1		
TKN	-0.083	-0.119	-0.056	0.316	0.243	0.160	0.565	-0.798**	1	
NH3-N	0.028	0.101	-0.035	0.465	0.379	-0.187	0.536	-0.043	0.374	1

หมายเหตุ CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; TOC: total organic carbon,

FC: fecal coliforms , TOCs: TOC of sediments, TOCw: TOC of water, N = 6-12

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบสารประกอบฟัลตสเตอรอลในถุคูร้อน ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	CHR	CHN	CPN	TC	FC	TOCs	TKN	NH ₃ -N	SS
CHR	1								
CHN	0.855**	1							
CPN	0.916**	0.952**	1						
TC	-0.195	-0.125	-0.128	1					
FC	-0.205	-0.238	-0.219	0.974**	1				
TOCs	0.026	0.092	0.081	-0.353	-0.345	1			
TKN	0.279	0.145	0.224	0.311	0.345	-0.050	1		
NH ₃ -N	0.118	0.231	0.270	-0.184	0.111	0.120	0.663**	1	
SS	0.583**	0.509*	0.551*	-0.485*	-0.502*	0.201	-0.005	0.154	1

หมายเหตุ CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; TOC: total organic carbon,

FC: fecal coliforms , TOCs: TOC of sediments, N = 19

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level

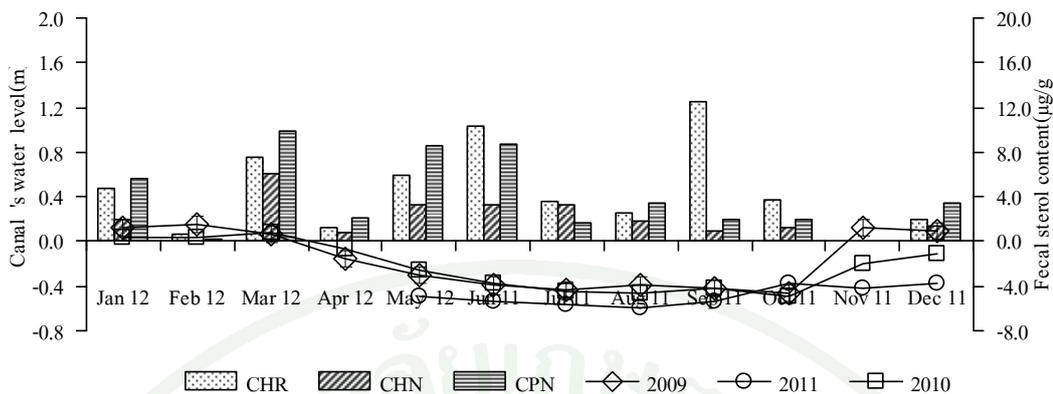
3.5 อิทธิพลระดับน้ำภายในคลองกับปริมาณสารประกอบฟิคลัสเตียรอล

คลองโอง่าง

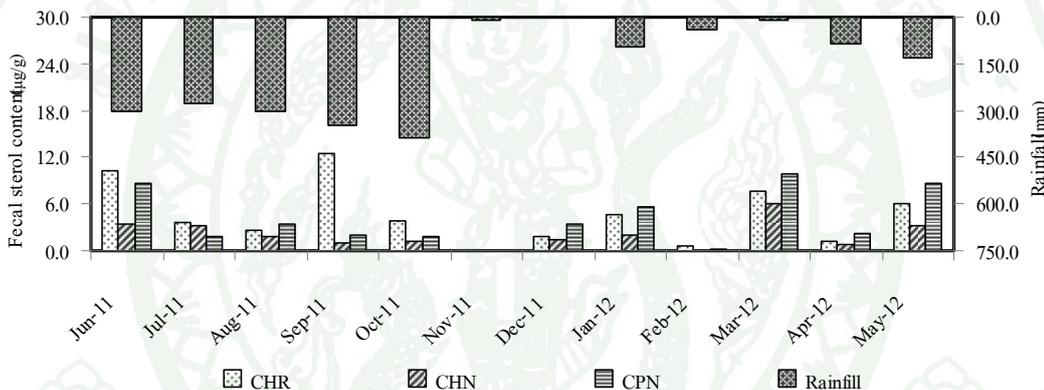
ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองโอง่างกับสารประกอบฟิคลัสเตียรอล (ภาพที่ 28) ที่วัดจากระดับน้ำทะเลปานกลางในเขตพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร จากการตรวจหาขอสารประกอบฟิคลัสเตียรอลในคลองโอง่าง พบว่าตั้งแต่เดือนมิถุนายน 54 ถึงตุลาคม 54 ระดับน้ำภายในคลองช่วงต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนรายเดือนค่อนข้างสูง (ภาพที่ 29) จึงมีการระบายน้ำเพื่อเตรียมรองรับน้ำฝน ระดับน้ำภายในคลองโอง่างจึงมีปริมาณน้อย ทำให้การสะสมของตะกอนมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้ว่าสารประกอบคอเลสเตอรอลมีปริมาณสูง มีค่าเท่ากับ 12.478 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์ และมูลสัตว์เลือดอุ่น

ส่วนเดือนพฤศจิกายน 54 กรุงเทพฯน้ำท่วมจึงไม่ได้เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ แต่ปริมาณน้ำฝนเริ่มน้อยลง เดือนธันวาคม 54 ระดับน้ำภายในคลองมีปริมาณมากขึ้น แต่ยังต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง พบว่าไม่มีการระบายน้ำเนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีค่าเท่ากับ 0 (ภาพที่ 29) สังเกตได้ว่ามีการสะสมสารประกอบฟิคลัสเตียรอลสูงขึ้น มกราคม 55-กุมภาพันธ์ 55 เริ่มมีฝนตกและระดับน้ำภายในคลองโอง่างอยู่ในช่วงสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (ภาพที่ 28) ซึ่งพบว่าปริมาณสารประกอบฟิคลัสเตียรอลในเดือนกุมภาพันธ์ 55 มีปริมาณน้อยกว่าเดือนมกราคม 55 สาเหตุเกิดจากเดือนกุมภาพันธ์ 55 ปริมาณน้ำฝนมากจึงมีการระบายน้ำเพื่อเตรียมรับน้ำฝน

เดือนมีนาคม 55-พฤษภาคม 55 แนวโน้มปริมาณน้ำฝนมากขึ้น (ภาพที่ 29) และระดับน้ำภายในคลองโอง่างก็มีแนวโน้มปริมาณต่ำลง พบว่าปริมาณการสะสมสารประกอบฟิคลัสเตียรอลมีปริมาณสูงขึ้น (ภาพที่ 28) ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับน้ำภายในคลองโอง่างมีปริมาณน้อยที่มีค่าต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางหรือเข้าใกล้ศูนย์ทำให้สามารถตรวจพบสารประกอบฟิคลัสเตียรอลที่มีปริมาณมากกว่าระดับน้ำภายในคลองโอง่างที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง



ภาพที่ 28 สารประกอบฟิโกลสเตอรอลกับปริมาณน้ำภายในคลองโอ่งอ่าง



ภาพที่ 29 สารประกอบฟิโกลสเตอรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณชุมชน โอ่งอ่าง

เมื่อทำการทดสอบหาความสัมพันธ์สารประกอบฟิโกลสเตอรอลทุกชนิดกับระดับภายในคลองโอ่งอ่าง และปริมาณน้ำฝนโดยวิธีทางสถิติ เทียบกับปริมาณน้ำฝนคลองโอ่งอ่าง (ตารางที่ 17) พบว่าระดับน้ำภายในคลองปี 2552 มีความสัมพันธ์กับระดับน้ำภายในคลองปี 2553 และปริมาณน้ำฝนแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) พบว่าระดับน้ำภายในคลองปี 2553 มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนแบบมีนัยสำคัญทางเชิงลบ ($P < 0.01$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ของสารประกอบฟิโกลสเตอรอลกับระดับน้ำภายในคลองและปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบสารประกอบฟิคลีสเตอรอลของระดับน้ำภายในคลองและปริมาณน้ำฝน
คลองโอ่งอ่าง ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	CHR	CHN	CPN	WL.2009	WL.2010	WL.2011	Rainfall
CHR	1						
CHN	0.394	1					
CPN	0.483	0.821**	1				
WL.2009	-0.384	-0.018	0.093	1			
WL.2010	-0.288	0.106	0.219	0.901**	1		
WL.2011	-0.349	-0.425	-0.137	0.583	0.519	1	
Rainfall	0.411	-0.145	-0.225	-0.920**	-0.883**	-0.473	1

หมายเหตุ: CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol

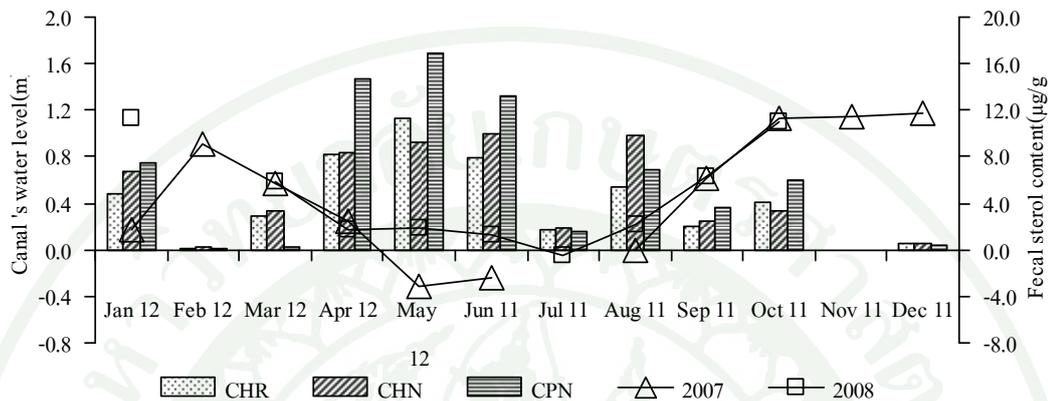
WL: Canal ' s water level N= 74

คลองบางลำพู

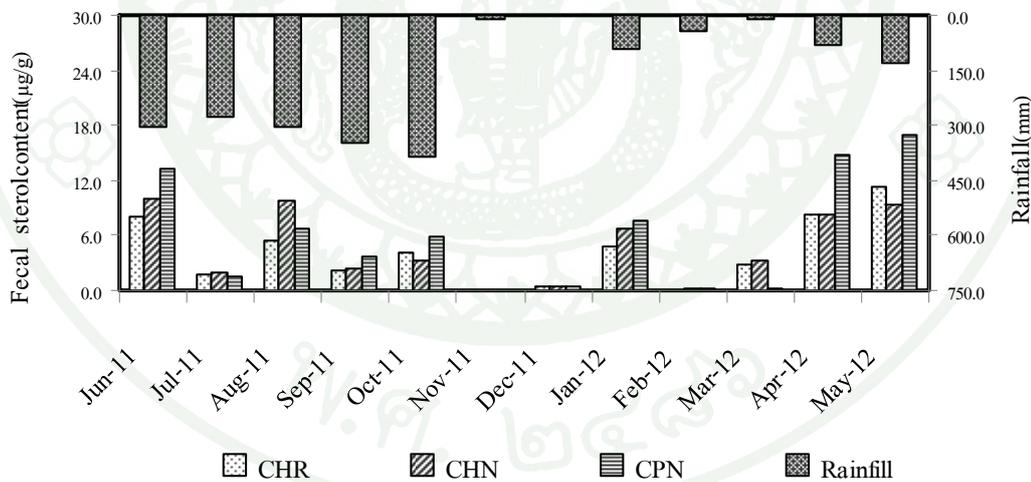
ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองบางลำพูกับสารประกอบฟิคลีสเตอรอล (ภาพที่ 30) ที่วัดจากระดับน้ำทะเลปานกลางในเขตพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร เท่ากับ 0 เมตร เริ่มจากเดือน มิถุนายน 54 ระดับน้ำภายในคลองบางลำพูต่ำ และปริมาณน้ำฝนสูงสุด (ภาพที่ 31) จะเห็นสารประกอบ ฟิคลีสเตอรอลปริมาณสูง เดือนกรกฎาคม 54-ตุลาคม 54 ระดับน้ำภายในคลองและปริมาณน้ำฝนมี แนวโน้มสูงขึ้น สังเกตได้ว่าสารประกอบฟิคลีสเตอรอลลดลง

เดือนพฤศจิกายน 54 กรุงเทพฯ น้ำท่วม เริ่มเก็บตัวอย่างเดือนธันวาคม 54 ระดับน้ำภายใน คลองบางลำพูสูง แต่ปริมาณน้ำฝนมีค่าเท่ากับ 0 (ภาพที่ 31) พบสารประกอบฟิคลีสเตอรอลต่ำอาจ เป็นเพราะเป็นช่วงที่มีระบายน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้สารประกอบฟิคลีสเตอรอลกระจายไป กับน้ำที่ระบายเป็นได้ ส่วนเดือนมกราคม 55 ระดับน้ำภายในคลองเริ่มมีแนวโน้มต่ำลงเพราะฝนเริ่ม ตกปริมาณน้ำฝนเริ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 30 และ ภาพที่ 31) ทำให้พบสารประกอบฟิคลีสเตอรอลมีปริมาณ สูงขึ้นจากเดือนธันวาคม 54

เดือนกุมภาพันธ์ 55 พบว่าระดับน้ำภายในคลองมีปริมาณสูง และมีแนวโน้มต่ำลงจนถึงเดือนพฤษภาคม 55 ซึ่งเทียบกับปริมาณน้ำฝนพบว่าแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน พบว่าสารประกอบฟิโคลสเตียรอลมีแนวโน้มที่สูงขึ้น (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 สารประกอบฟิโคลสเตียรอลกับปริมาณน้ำภายในคลองบางลำพู



ภาพที่ 31 สารประกอบฟิโคลสเตียรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณชุมชนบางลำพู

เมื่อทำการทดสอบหาความสัมพันธ์สารประกอบฟิกลีสเตอรอลทุกชนิดโดยวิธีทางสถิติ เทียบกับระดับน้ำภายในคลอง และปริมาณน้ำฝนคลองบางลำพู (ตารางที่ 18) พบว่าสารประกอบ ฟิกลีสเตอรอลทุกชนิดมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำภายในคลองปี 2550 แบบมีนัยสำคัญทางเชิงลบ ($P<0.01$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบสารประกอบฟิกลีสเตอรอลของระดับน้ำภายในคลองและปริมาณน้ำฝน คลองบางลำพูด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	CHR	CHN	CPN	WL.2007	WL.2008	Rainfall
CHR	1					
CHN	0.899**	1				
CPN	0.970**	0.862**	1			
WL.2007	-0.839**	-0.917**	-0.785**	1		
WL.2008	-0.317	-0.334	-0.289	0.700	1	
Rainfall	0.126	0.214	0.164	-0.258	0.008	1

หมายเหตุ: CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol

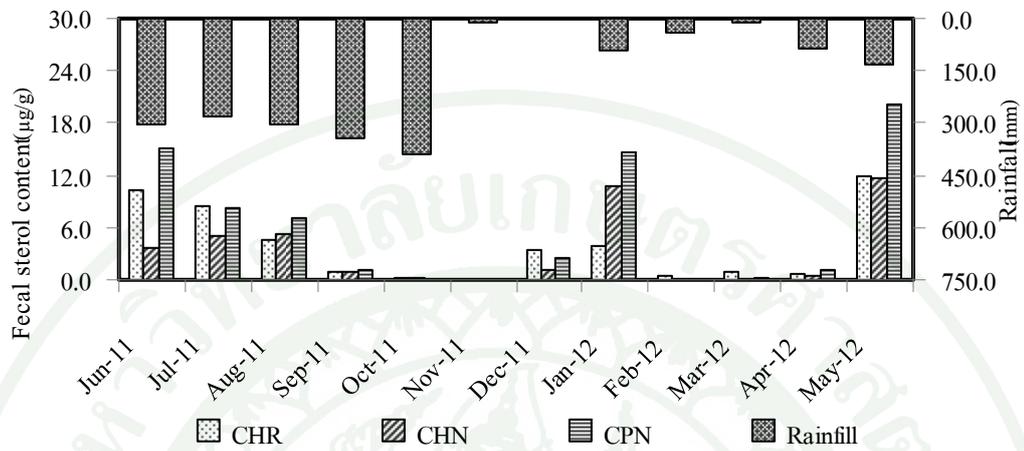
WL: Canal's water level N= 74

สะพานสมเด็จพระมรมาศ

ความสัมพันธ์ปริมาณสารประกอบฟิกลีสเตอรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณสะพานสมเด็จพระมรมาศ พบว่าเดือนมิถุนายน 54-ตุลาคม 54 เป็นช่วงปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้ม สูงขึ้น ซึ่งพบว่าเดือนตุลาคม 54 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด (ภาพที่ 32) ซึ่งพบว่าแนวโน้มสารประกอบ ฟิกลีสเตอรอลลดลง และพบว่าเดือนตุลาคม 54 มีการสะสมของสารประกอบฟิกลีสเตอรอลมีค่าต่ำสุด ซึ่งมีสารประกอบคอพอสตานอลมีค่าเท่ากับ 0.009 ไมโครกรัมต่อกรัม

เดือนพฤศจิกายน 54 มีปริมาณฝน 12.0 มิลลิเมตร แต่ไม่ได้เก็บตัวอย่างวิเคราะห์เนื่องจาก เป็นช่วงกรุงเทพฯ น้ำท่วม เดือนธันวาคม 54 ปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 0 พบว่าเริ่มมีการสะสมสารประกอบ ฟิกลีสเตอรอล ส่วนเดือนมกราคม 55-พฤษภาคม 55 พบว่าปริมาณน้ำฝนเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้น พบว่า

เดือนพฤษภาคม 55 มีการสะสมสารประกอบฟิคัลสเตียรอลสูงสุด ซึ่งมีสารประกอบคอพอสตานอล มีค่าเท่ากับ 16.903 ไมโครกรัมต่อกรัม



ภาพที่ 32 สารประกอบฟิคัลสเตียรอลกับปริมาณน้ำฝนบริเวณสะพานสมมตอมรรมาศ

เมื่อทำการทดสอบหาความสัมพันธ์สารประกอบฟิคัลสเตียรอลทุกชนิดโดยวิธีทางสถิติ เทียบกับปริมาณน้ำฝนจุดเก็บสะพานสมมตอมรรมาศ (ตารางที่ 19) พบความสัมพันธ์สารประกอบฟิคัลสเตียรอลทุกชนิดแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบสารประกอบฟิกลสเตียรอลของปริมาณน้ำฝนบริเวณสะพาน
สมมตอมรรมาครด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	Rainfall	CHR	CHN	CPN
Rainfall	1			
CHR	0.126	1		
CHN	0.214	0.899**	1	
CPN	0.164	0.970**	0.862**	1

หมายเหตุ CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol

สรุปได้ว่าถ้ามีปริมาณน้ำฝนสูง สำนักงานระบายน้ำต้องระบายน้ำเพื่อเตรียมรองรับน้ำฝน จึงทำให้ระดับน้ำภายในคลองน้อย แต่พบสารประกอบฟิกลสเตียรอลปริมาณมากหลังจากน้ำสกปรกที่มีปนเปื้อนอุจจาระไหลเข้าสู่คลอง เนื่องจากการปนเปื้อนอุจจาระน่าจะมาจากแหล่งสองแหล่งใหญ่ คือท่อระบายน้ำจากครัวเรือนต่างๆ และจากการไหลบ่าของน้ำฝนที่จะชะพื้นที่บริเวณเกาะรัตนโกสินทร์รอบนอกไหลสู่คลองรอบกรุง(โอง่าง-บางลำพู) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้สำรวจ ลักษณะสมบัติของน้ำที่มาจากครัวเรือนที่ระบายสู่คลองระบายน้ำรอบกรุงเทพฯ ดังในหัวข้อ 4 ดังต่อไปนี้

4. ลักษณะสมบัติของน้ำจากท่อระบายน้ำ

4.1 ลักษณะทางเคมีและชีวภาพ

การเก็บตัวอย่างในคลองที่ศึกษา โดยนำตัวอย่างน้ำเสียจากชุมชน อาคาร บ้านเรือนที่ไหลออกจากท่อมาวิเคราะห์เป็นช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55) เลือกช่วงนี้เพราะน้ำภายในคลองจะน้อย และสามารถเก็บตัวอย่างจากท่อระบายน้ำได้ เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนอุจจาระในคลองที่ศึกษาจากท่อระบายน้ำที่ไหลลงสู่คลองตามจุดเก็บตัวอย่างมี 3 จุดเก็บ คือ ชุมชน โอง่าง สะพานสมมตอมรรมาคร และชุมชนบางลำพู

จากตารางแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของท่อระบายน้ำตามจุดเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 20) พบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดของอุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และของแข็งแขวนลอย พบว่าบริเวณท่อระบายน้ำชุมชนบางลำพู ส่วนความเป็นกรด-ด่าง และค่าการละลายของแข็งแขวนลอยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 33.55 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าบริเวณท่อระบายน้ำสะพานสมมตอมรรมาศ เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร พบว่าปริมาณของแข็งค่าแขวนลอยของจุดเก็บชุมชน โอง่าง และสะพานสมมตอมรรมาศ จัดอยู่อาคารประเภท ก มีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุมชนบางลำพู จัดอยู่ประเภท ข มีค่าไม่เกิน 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อมูลปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำที่เข้าโรงบำบัดน้ำรัตน โกสินทร์(กุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55) อยู่ในช่วง 46.52-59.86 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ในท่อระบายน้ำมีค่าต่ำกว่า ส่วนค่าการสารละลายได้ทั้งหมดทุกจุดเก็บ อยู่ประเภท ก ข ค และง มีค่าไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยทางเคมีของน้ำบริเวณท่อระบายน้ำ

ท่อระบายน้ำ	Temp.	pH	EC	DO	SS	TDS
ชุมชน โอง่าง						
(S1)	30.43±1.4	7.10±0.1	0.47±0.1	0.90±1.01	13.50±9.1	313.33±127.3
สะพาน						
สมมตอมรรมาศ	29.83±1.0	7.14±0.1	0.53±0.04	0.33±0.06	21.33±8.2	485.33±180.0
(S2)						
ชุมชนบางลำพู						
(S4)	30.63±2.1	6.92±0.1	0.55±0.1	1.43±1.10	33.55±11.8	356.00±33.6

หมายเหตุ จำนวน 3 ตัวอย่าง

จากตารางที่ 21 แสดงค่าคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาของท่อระบายน้ำตามจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ $7.18 \pm 0.21 \text{Log MPN}$ และ $7.18 \pm 0.21 \text{Log MPN}$ ตามลำดับ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างบริเวณท่อระบายน้ำชุมชนบางลำพู และต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 5.39 ± 1.81 และ $5.39 \pm 1.81 \text{Log MPN}$ ตามลำดับ บริเวณท่อระบายน้ำชุมชน โอง่าง จะเห็นได้ว่าบริเวณที่เป็นชุมชน เป็นแหล่งเศรษฐกิจ มีประชากรอยู่หนาแน่นจะพบการปนเปื้อนเชื้อโรคที่มาจากอุจจาระมาก สรุปได้ว่าในน้ำทิ้งยังคงมีการปนเปื้อนอุจจาระอยู่ในปริมาณสูง

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยทางจุลชีววิทยาของน้ำบริเวณท่อระบายน้ำ

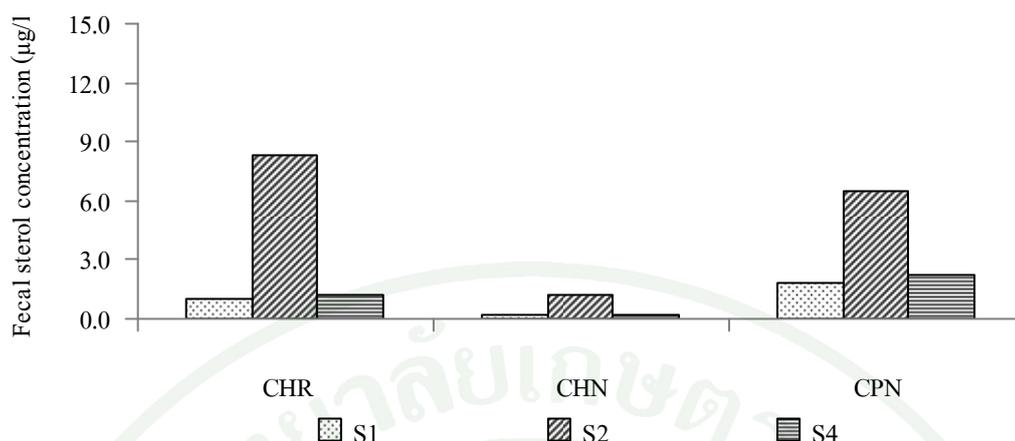
ท่อระบายน้ำ	Total Coliform (Log MPN/100ml)	Fecal coliform ตัวอย่าง (LogMPN/100ml)
ชุมชนโอ่งอ่าง (S1)	5.39 ± 1.81	5.39 ± 1.81 3
สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	6.94 ± 0.25	6.87 ± 0.29 3
ชุมชนบางลำพู (S4)	7.18 ± 0.21	7.18 ± 0.21 3

หมายเหตุ เก็บจากท่อระบายน้ำ บริเวณใกล้เคียงจุดเก็บตัวอย่าง

4.2 สารประกอบฟิสิกส์เคมิคอลในน้ำทิ้ง

4.2.1 ปริมาณสารประกอบฟิสิกส์เคมิคอล

ความสัมพันธ์ปริมาณสารประกอบฟิสิกส์เคมิคอล (ภาพที่ 32) คือชุมชนโอ่งอ่าง (S1) สะพานสมมตอมรรมาศ (S2) และชุมชนโอ่งอ่าง (S4) พบการปนเปื้อนอุจจาระของสารประกอบคอเลสเตอรอลมีค่าเท่ากับ 0.996, 8.321 และ 1.209 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนสารประกอบคอเลสเตอรอลมีค่าเท่ากับ 0.219, 1.205 และ 0.156 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสารประกอบคอพอสตานอลมีค่าเท่ากับ 1.780, 6.490 และ 2.201 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าการปนเปื้อนที่เกิดจากอุจจาระทั้ง 3 ชนิดจุดเก็บสะพานสมมตอมรรมาศนั้นจะมีปริมาณการปนเปื้อนอุจจาระมากที่สุด คือพบสารประกอบคอเลสเตอรอล และสารประกอบคอพอสตานอลซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนจากอุจจาระมนุษย์เป็นหลัก และมูลสัตว์เลือดอุ่น (มูลหนู มูลแมว มูลสุนัข มูลนก มูลไก่ และมูลหมู) อาจเนื่องมาจากบริเวณนั้นมีการประชากรที่อาศัยอยู่มาก และมีระบบการดูแลทางสุขาภิบาลไม่ทั่วถึง จึงทำให้ตรวจพบการปนเปื้อนอุจจาระเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับ Nichols *et al.*, (1996) ซึ่งหาในเมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย มีการตรวจพบสารประกอบคอพอสตานอลในท่อน้ำทิ้ง 200-400 ไมโครกรัมต่อลิตร สารประกอบฟิสิกส์เคมิคอลในท่อระบายน้ำในคลองรอบกรุง (โอ่งอ่าง-บางลำพู) มีค่าต่ำกว่าในเมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลียอยู่มาก



หมายเหตุ ชุมชน โองอ่าง (S1) สะพานสมมตอมรรค (S2) ชุมชนบางลำพู (S4)

ภาพที่ 33 ปริมาณสารประกอบฟีสเตอรอล ณ แหล่งกำเนิดต่างๆ

4.2.2 อัตราส่วนของสารประกอบฟีสเตอรอล

การวิเคราะห์หาการปนเปื้อนอุจจาระ ศึกษาจากอัตราส่วนของสารประกอบฟีสเตอรอลของน้ำในท่อระบายน้ำช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ 55-พฤษภาคม 55) เก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาจำนวน 3 ครั้ง โดยมีข้อมูลที่ใช้หาอัตราส่วนทั้งหมด 9 ชุด เพื่อจำแนกชนิดแหล่งที่มาของอุจจาระจากมนุษย์ หรือไม่ใช่มนุษย์ เช่น มูลสัตว์เลือดอุ่น

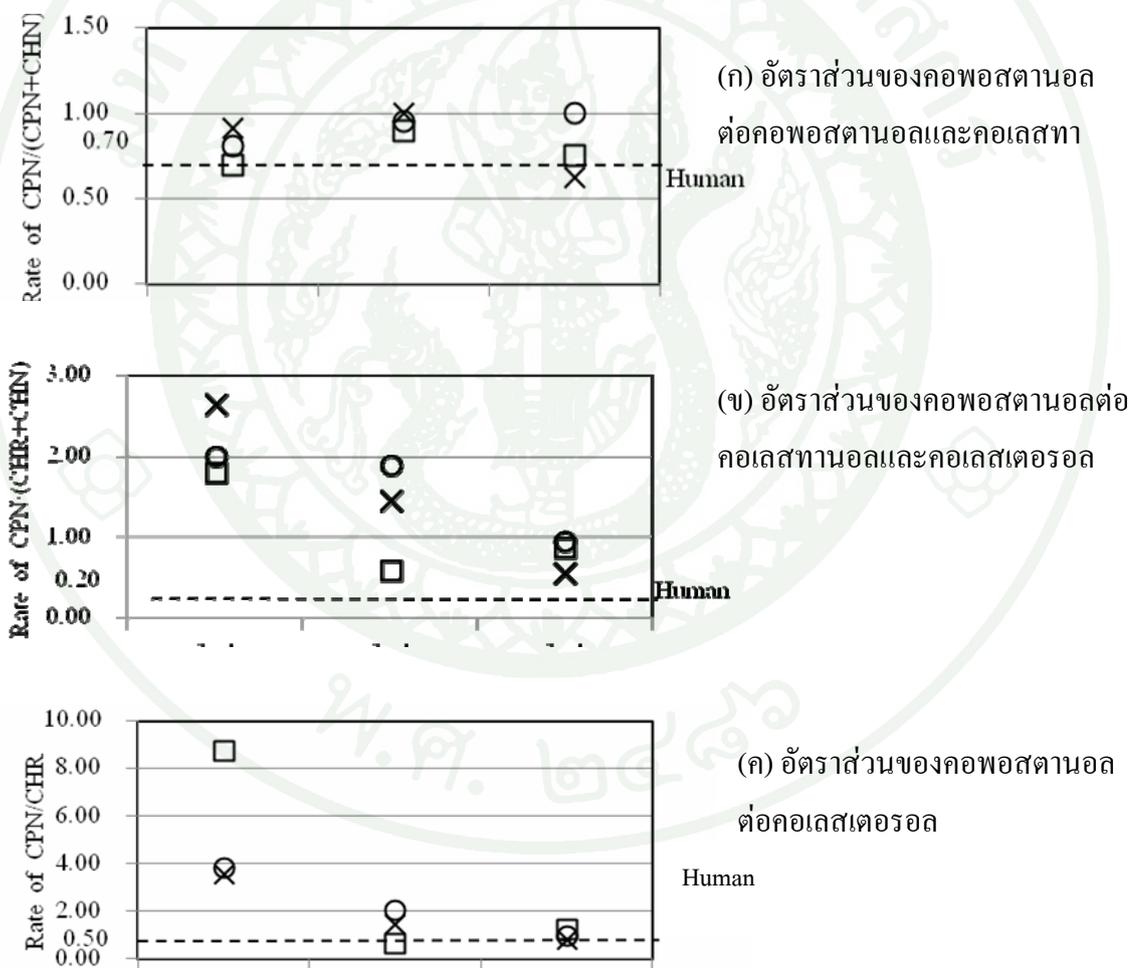
ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสารประกอบฟีสเตอรอล (ภาพที่ 34 และตารางที่ 6) แบ่งออกเป็น 4 แบบ เพื่อหาการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์และมูลสัตว์เลือดอุ่น

ก. วิเคราะห์อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสทานอล ในตัวอย่างน้ำในท่อระบายน้ำ แบ่งออกเป็น 3 ช่วง พบว่าค่าอัตราส่วนมากกว่า 0.7 บ่งชี้ว่ามาจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 78.78 ค่าอัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.3-0.7 เป็นค่าอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนว่ามาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 22.22 ค่าอัตราส่วนน้อยกว่า 0.3 ไม่พบข้อมูล

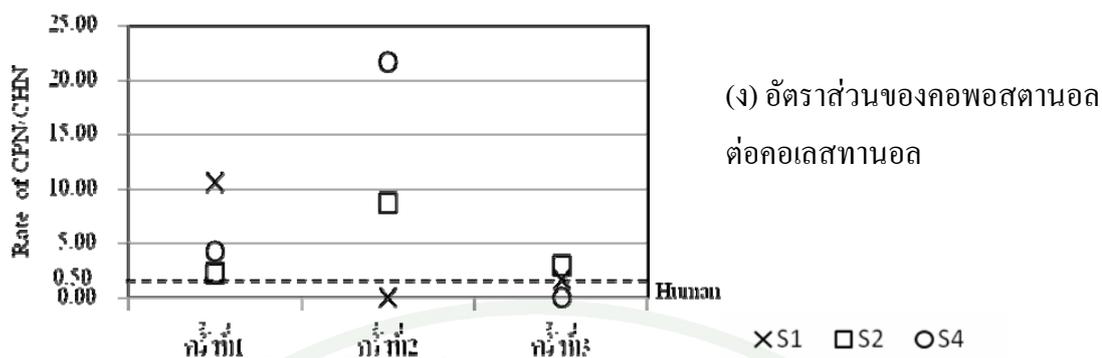
ข. การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอลและคอเลสเทอรอล แบ่งออกเป็น 3 ช่วง จากข้อมูลพบว่าอัตราส่วนที่มากกว่า 0.2 บ่งชี้ว่าสาเหตุมาจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 100 ส่วนค่าอัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.15-0.20 เป็นช่วงที่ไม่แน่นอนว่าเกิดจากอุจจาระมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น และค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.15 เป็นค่าที่แสดงถึงการปนเปื้อนที่ไม่ได้มาจากอุจจาระมนุษย์ไม่มีข้อมูล

ค. การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเทอรอลแบ่งออกเป็น 2 ช่วง จากข้อมูลพบว่าค่าอัตราส่วนที่มากกว่า 0.5 บ่งชี้ว่าจากการปนเปื้อนจากอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 100 ส่วนค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.5 ที่สาเหตุไม่ได้มาจากอุจจาระมนุษย์ไม่มีข้อมูล

ง. การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตอรอล สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง พบว่าค่าอัตราส่วนที่มากกว่า 0.5 บ่งชี้ว่ามาจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์มีอยู่ร้อยละ 78.78 ส่วนค่าอัตราส่วนที่อยู่ในช่วง 0.3-0.5 เป็นค่าอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนว่าจากมนุษย์หรือมูลสัตว์เลือดอุ่นมีอยู่ร้อยละ 22.22 และค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.3 แสดงถึงการปนเปื้อนที่ไม่ได้มาจากอุจจาระมนุษย์ไม่มีข้อมูล



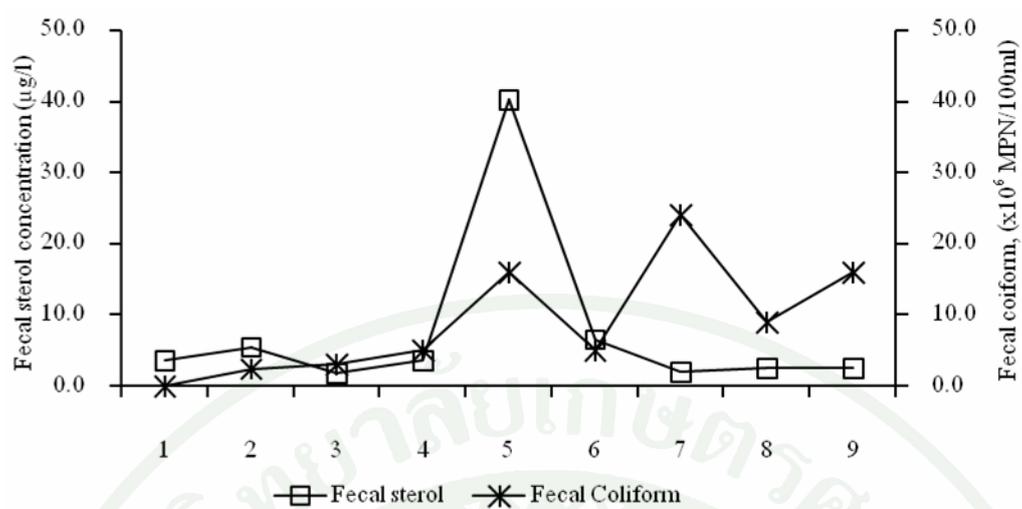
ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนสารประกอบฟิคลัสเตียรอล



ภาพที่ 34 (ต่อ)

สรุปได้ว่าการศึกษาหาการปนเปื้อนที่สาเหตุเกิดจากอุจจาระมนุษย์และไม่ใช่มนุษย์โดยใช้อัตราส่วนทั้ง 4 แบบ พบว่าอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสทานอล อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตอรอล อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสทานอล และคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสเตอรอล มีค่าอยู่ร้อยละ 77.78, 100 78.78 และ 100 ตามลำดับ สาเหตุเกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระในท่อระบายน้ำเกิดจากมนุษย์ซึ่งจะแตกต่างจากข้อมูลของตะกอนในลำคลองตรงที่อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสทานอลที่ไม่แน่นอนว่าเกิดจากมนุษย์หรือมูลสัตว์เลือดอุ่น (ภาพที่ 24)

จากข้อมูลทั้งหมดของน้ำในท่อระบายน้ำ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์สารประกอบฟิซิลสเตียรอลกับด้านเคมีและจุลชีววิทยา โดยวิธีทางสถิติ (ตารางที่ 22) พบว่าสารประกอบฟิซิลสเตียรอลทุกชนิดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ทางด้านเคมีและจุลชีววิทยา (ภาพที่ 35) ที่สอดคล้องกันเพราะการวิเคราะห์หาปริมาณฟิซิลโคลิฟอร์มเหมาะสำหรับการวิเคราะห์หาในช่วงเวลาปัจจุบัน แต่สารประกอบฟิซิลสเตียรอลเป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนที่นานมาแล้ว



ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีคัลสเตอรอลและฟีคัลโคลิฟอร์มในท่อระบายน้ำ

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบสารประกอบฟัลสตีเรียรอลของท่อระบายน้ำ ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	Temp	pH	EC	SS	TDS	FC	DO	CHR	Sterol	TC	CHN	CPN
Temp	1											
pH	-0.340	1										
EC	-0.046	-0.421	1									
SS	0.534	-0.821**	0.236	1								
TDS	0.012	-0.185	0.110	0.351	1							
FC	-0.127	-0.426	0.565	0.415	0.485	1						
DO	-0.376	-0.239	0.106	-0.164	-0.335	0.338	1					
CHR	0.249	0.024	0.192	0.104	0.810**	0.318	-0.323	1				
Sterol	0.261	0.096	0.139	0.085	0.791*	0.291	-0.363	0.993**	1			
TC	-0.173	-0.355	0.554	0.380	0.472	0.992**	0.305	0.304	0.287	1		
CHN	-0.199	0.548	-0.084	-0.23	0.601	0.094	-0.488	0.658	0.717*	0.171	1	
CPN	0.331	0.147	0.069	0.092	0.736*	0.254	-0.391	0.968**	0.989**	0.258	0.731*	1

หมายเหตุ: CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; FC: fecal coliforms , N = 9

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level

5. การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนอุจจาระในน้ำท่วมโดยใช้สารประกอบฟิคัลสแตียรอล

5.1 ลักษณะทางเคมีและชีวภาพ

การเก็บตัวอย่างน้ำท่วม (ตุลาคม-พฤศจิกายน 54) ของจังหวัดนนทบุรี มีจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดเก็บในอำเภอบางกรวย อำเภอบางใหญ่ และอำเภอปากเกร็ด ส่วนจังหวัดปทุมธานีมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุดเก็บในอำเภอเมืองและบริเวณใกล้เคียง

จากตารางที่ 23 พบว่าจังหวัดปทุมธานีมีค่าเฉลี่ยสูงสุดของค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งแขวนลอย และค่าการละลายของแข็งแขวนลอย ส่วนจังหวัดนนทบุรีมีอุณหภูมิน้ำสูงสุดมีค่าเท่ากับ 29.45

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยทางเคมีของน้ำท่วม

น้ำท่วม	Temp.	pH	EC	SS	TDS
จังหวัดนนทบุรี	29.45±1.06	7.24±0.25	0.29±0.03	7.60±6.98	275.60±117.28
จังหวัดปทุมธานี	29.20±0.22	7.41±0.34	0.34±0.07	5.50±1.91	333.00±142.52

หมายเหตุ: จำนวน 14 ตัวอย่าง

จากตารางที่ 24 แสดงค่าคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาของน้ำท่วมตามจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 4.00±0.60 Log MPN และ 3.88±1.26 Log MPN ตามลำดับ บริเวณน้ำท่วมจังหวัดนนทบุรีและจังหวัดปทุมธานีตามลำดับ

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยทางจุลชีววิทยาของน้ำท่วม

น้ำท่วม	Total Coliform (Log MPN/100ml)	Fecal coliform ตัวอย่าง (Log MPN/100ml)
จังหวัดนนทบุรี	4.00±0.60	3.82±0.44 10
จังหวัดปทุมธานี	3.95±1.30	3.88±1.26 4

5.2 จังหวัดนนทบุรี

ช่วงประมาณเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน 54 จังหวัดนนทบุรีเป็นอีกที่จังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม จึงเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์หาสารประกอบฟิสิกส์เดียวรอลในเขตอำเภอบางกรวย อำเภอบางใหญ่ และตำบลท่าอิฐ อำเภอปากเกร็ดของจังหวัดนนทบุรี ซึ่งพบว่าตัวอย่างน้ำท่วมบริเวณจังหวัดนนทบุรี พบสารประกอบฟิสิกส์เดียวรอลแต่ละชนิดสูงสุด ได้แก่ สารประกอบคอเลสเทอรอล คือพบบริเวณคลองชุมชนบ้านรังสีน้ำเข้า (A) มีค่าเท่ากับ 11.064 ไมโครกรัมต่อลิตร สารประกอบคอเลสทานอล คือพบบริเวณซอยลูงพร้อม (G) มีค่าเท่ากับ 0.883 และสารประกอบคอพอสตานอล คือพบบริเวณ ร.ร.ท่าอิฐ (I) มีค่าเท่ากับ 4.058 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังรายละเอียดดังนี้

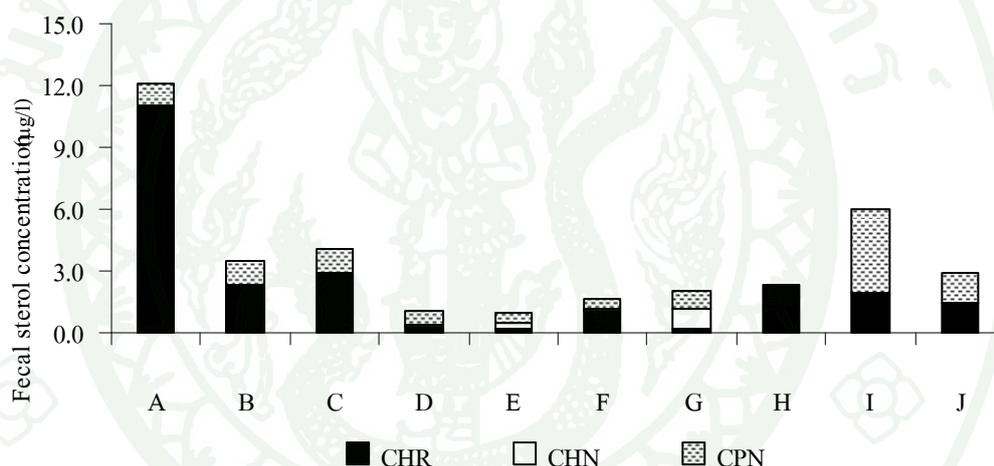
จากการวิเคราะห์หาสารประกอบฟิสิกส์เดียวรอล (ภาพที่ 36) คลองชุมชนบ้านรังสีน้ำเข้า (A) คลองชุมชนบ้านรังสีน้ำออก (B) สะพานเฉลิมศักดิ์ (C) สะพานคลองกรวย (D) คลองบางกระบือ (E) คลองโค (F) ซอยลูงพร้อม (G) ร.ร.ธรรมมิตลาม (H) ร.ร.ท่าอิฐ (I) วัดเชิงเลน (J) พบสารประกอบคอเลสเทอรอล 11.064, 2.311, 2.883, 0.273, 0.222, 1.041, 0.234, 2.368, 1.941 และ 1.468 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ส่วนสารประกอบคอเลสทานอล คลองชุมชนบ้านรังสีน้ำเข้าและออก และสะพานเฉลิมศักดิ์ ไม่พบสารประกอบคอเลสทานอล ส่วนสะพานคลองกรวย คลองบางกระบือ คลองโค และซอยลูงพร้อม มีค่าเท่ากับ 0.140, 0.233, 0.113 และ 0.883 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนตัวอย่างที่เก็บที่บริเวณ ร.ร.ธรรมมิตลาม ร.ร.ท่าอิฐ วัดเชิงเลน ของตำบลท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด ทุกจุดเก็บไม่ตรวจพบสารประกอบคอเลสทานอลเช่นกัน

สารประกอบคอพอสตานอล มีค่าเท่ากับ คลองชุมชนคลองชุมชนบ้านรังสีน้ำเข้า และออก สะพานเฉลิมศักดิ์ สะพานคลองกรวย สะพานคลองกรวย คลองบางกระบือ และซอยลูงพร้อม มีค่าเท่ากับ 1.009, 1.205, 1.169, 0.687, 0.497, 0.503 และ 0.878 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วน ร.ร.ธรรมมิตลาม ไม่ตรวจพบสารประกอบคอพอสตานอล ส่วนบริเวณ ร.ร.ท่าอิฐ และวัดเชิงเลน มีค่าเท่ากับ 4.058 และ 1.388 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนการหาการปนเปื้อนที่สาเหตุเกิดจากอุจจาระมนุษย์และไม่ใช่มนุษย์ โดยใช้อัตราส่วนที่ 4 แบบ พบว่าสาเหตุหลักการปนเปื้อนอุจจาระเกิดจากมนุษย์มากกว่าร้อยละ 50 ของการหาอัตราส่วนของคอพอสทานอลต่อคอพอสทานอลและคอเลสทานอล อัตราส่วนของคอพอสทานอลต่อคอเลสเทอรอล และคอพอสทานอลต่อคอเลสทานอลกับคอเลสเทอรอล มีค่าอยู่ร้อยละ 70, 60 และ 80 ตามลำดับ แต่อัตราส่วนคอพอสทานอลต่อคอเลสทานอล มีค่าร้อยละ 40 พบว่าสาเหตุเกิดจากอุจจาระมนุษย์ ส่วนที่ไม่แน่นอนว่าเกิดจากอุจจาระมนุษย์หรือมูลสัตว์เลือดอุ่นมีอยู่ร้อยละ 60

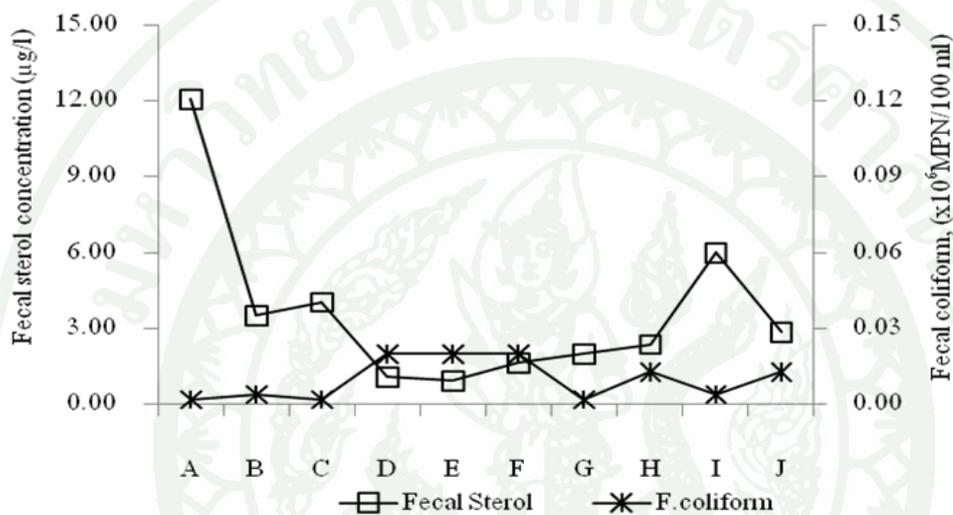
สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ผลมีแนวโน้มการปนเปื้อนอุจจาระที่มีความสอดคล้องกับการหาอัตราส่วนการปนเปื้อนอุจจาระที่สาเหตุเกิดจากอุจจาระมนุษย์ และมูลสัตว์เลือดอุ่น (ตารางที่ 5 และ 6) เช่น สัตว์กินพืชจาก มูลไก่ มูลหนู มูลสุนัข มูลแมว และมูลหมู



ภาพที่ 36 ปริมาณสารประกอบฟิคลีสเตอรอลช่วงน้ำท่วมบริเวณจังหวัดนนทบุรี

หมายเหตุ คลองชุมชนบ้านรังสีน้ำเข้า (A) คลองชุมชนบ้านรังสีน้ำออก (B) สะพานเฉลิมศักดิ์ (C) สะพานคลองกรวย (D) คลองบางกระบือ (E) คลองโค (F) ซอยลุงพร้อม (G) ร.ร.ธรรมมิศลาม (H) ร.ร.ทำอัฐ (I) วัดเชิงเลน (J)

จากข้อมูลของน้ำท่วมจังหวัดนนทบุรี นำมาหาความสัมพันธ์ของสารประกอบฟิคลสเตียรอลกับด้านเคมีและจุลชีววิทยา โดยทางสถิติ (ตารางที่ 25) พบว่าสารประกอบคอเลสเตอรอลมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟิคลสเตียรอลกับฟิคลโคลิฟอร์ม (ภาพที่ 37) พบว่าถ้าพบสารประกอบฟิคลสเตียรอลมีปริมาณมาก ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียก็น้อย ซึ่งไม่สามารถสรุปได้เพราะยังไม่มีใครการศึกษาเรื่องนี้มาก่อน



ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟิคลสเตียรอลและฟิคลโคลิฟอร์ม น้ำท่วมจังหวัดนนทบุรี

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบสารประกอบฟัลสเตอรอลในพื้นที่น้ำท่วมจังหวัดนนทบุรี ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	Temp	pH	EC	SS	TDS	FC	CHR	Sterol	TC	CHN	CPN
Temp	1										
pH	0.289	1									
EC	0.409	-0.323	1								
SS	-0.163	-0.693*	0.249	1							
TDS	0.478	0.531	0.382	-0.407	1						
FC	-0.311	0.157	-0.314	0.028	-0.347	1					
CHR	-0.378	-0.008	0.097	-0.077	0.485	-0.484	1				
Sterol	-0.318	-0.124	0.263	-0.037	0.413	-0.621	0.945**	1			
TC	-0.249	-0.457	-0.137	0.782**	-0.333	0.326	-0.111	-0.269	1		
CHN	0.951**	0.373	0.482	-0.159	0.562	-0.111	-0.36	-0.326	-0.218	1	
CPN	-0.097	-0.441	0.389	0.151	-0.304	-0.438	0.036	0.351	-0.433	-0.189	1

หมายเหตุ: CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; FC: fecal coliforms , N = 9

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 lev

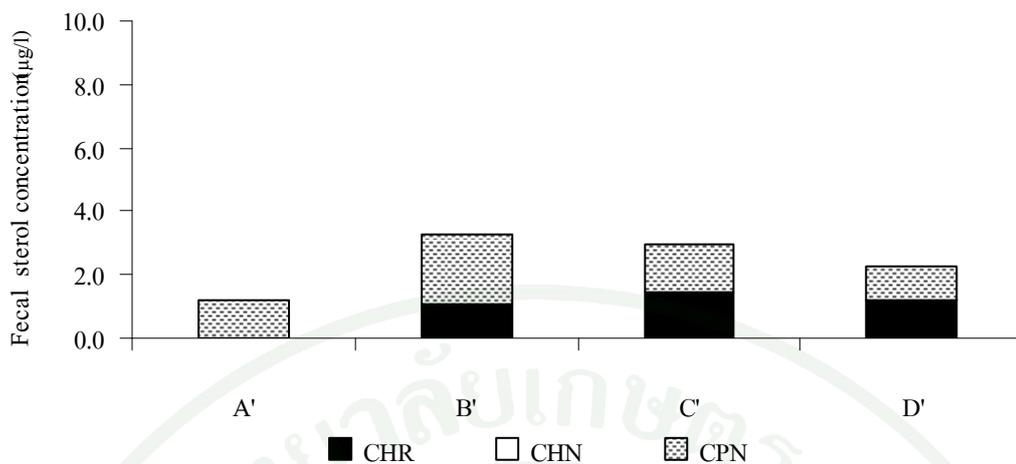
5.3 จังหวัดปทุมธานี

จังหวัดปทุมธานีเป็นอีกจังหวัดที่ถูกลำน้ำท่วมเช่นเดียวกับจังหวัดนนทบุรี และเป็นพื้นที่ติดกับกรุงเทพฯ ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่เดือดร้อนเนื่องจากน้ำท่วมเป็นเวลานาน จึงเก็บตัวอย่างน้ำท่วมมาวิเคราะห์หาสารประกอบฟิสิกส์เดียวรอลของการปนเปื้อนอุจจาระ พบว่าจังหวัดปทุมธานีช่วงน้ำท่วมมีการปนเปื้อนของสารประกอบคอเลสเตอรอลพบปริมาณมากที่สุด บริเวณคลองรังสิต (C) มีค่าเท่ากับ 1.419 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนสารประกอบคอเลสเตอรอลไม่ตรวจพบทุกจุดเก็บ และสารประกอบคอพอสตานอลพบทุกจุดเก็บตัวอย่างแต่บริเวณที่พบมากที่สุดคือ บริเวณการไฟฟ้าบางพูน (B) มีค่าเท่ากับ 2.221 ไมโครกรัมต่อลิตร มีรายละเอียดดังนี้

จากการวิเคราะห์พบการปนเปื้อนอุจจาระ (ภาพที่ 38) ของสารประกอบคอเลสเตอรอลบริเวณหมู่บ้านรัตนโกสินทร์ 200 ปี (A) ไม่พบการปนเปื้อนอุจจาระ ส่วนการไฟฟ้าบางพูน (B) คลองรังสิต (C) และการประปานครหลวง (D) มีค่าเท่ากับ 1.077, 1.419 และ 1.177 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนสารประกอบคอเลสเตอรอลไม่ตรวจพบ ส่วนสารประกอบคอพอสตานอลมีค่าเท่ากับ 1.190, 2.221, 1.518 และ 1.101 ไมโครกรัมต่อลิตร

ส่วนการหาอัตราส่วนสารประกอบฟิสิกส์เดียวรอล 3 แบบพบว่าสาเหตุหลักการปนเปื้อนอุจจาระเกิดจากมนุษย์ ของการหาอัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอพอสตานอลและคอเลสเตอรอลมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 100 อัตราส่วนของคอพอสตานอลต่อคอเลสเตอรอล มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 75 และคอพอสตานอลต่อคอเลสเตอรอลและคอเลสเตอรอล มีค่าอยู่ร้อยละ 75 แต่การหาอัตราส่วนคอพอสตานอลต่อคอเลสเตอรอลพบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.3 มีค่าเท่ากับอยู่ร้อยละ 100 ซึ่งสาเหตุการปนเปื้อนอุจจาระไม่ได้เกิดมนุษย์

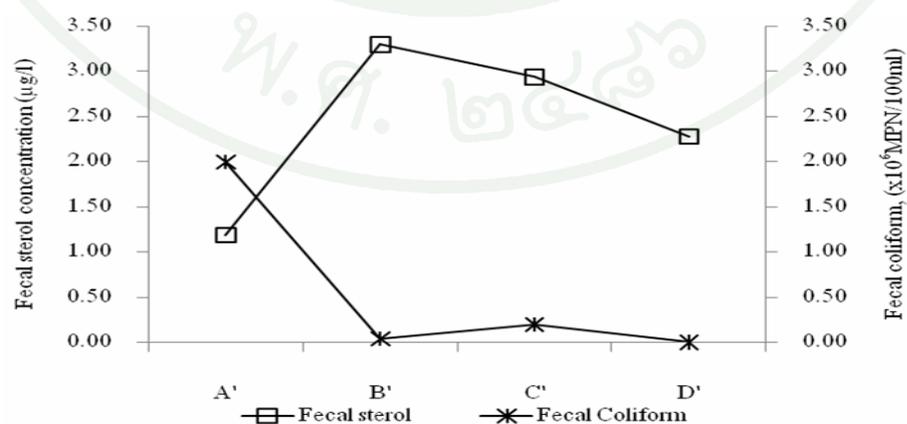
สรุปได้จังหวัดปทุมธานี พบความสัมพันธ์การหาอัตราส่วนที่สาเหตุหลักเกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระมนุษย์ และมูลสัตว์เลือดอุ่นที่กินพืชเป็นหลัก เช่น มูลวัว (ตารางที่ 5 และ 6)



ภาพที่ 38 สารประกอบฟิคลสเตอรอลช่วงน้ำท่วมบริเวณจังหวัดปทุมธานี

หมายเหตุ: หมู่บ้านรัตนโกสินทร์ 200 ปี (A') การไฟฟ้าบางพูน (B') คลองรังสิต (C') การประปานครหลวง (D')

จากข้อมูลของน้ำท่วมจังหวัดปทุมธานี นำมาหาความสัมพันธ์ของสารประกอบฟิคลสเตอรอลกับด้านเคมีและจุลชีววิทยา โดยทางสถิติ (ตารางที่ 26) พบว่าสารประกอบฟิคลสเตอรอลมีความสัมพันธ์กับของแข็งแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติเชิงลบ ($P < 0.01$) และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟิคลสเตอรอลกับฟิคลโคลิฟอร์ม (ภาพที่ 39) พบว่าถ้าพบสารประกอบฟิคลสเตอรอลมีปริมาณมาก ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะน้อย เช่นเดียวกับน้ำท่วมจังหวัดนนทบุรี



ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟิคลสเตอรอลและฟิคลโคลิฟอร์ม น้ำท่วมจังหวัดปทุมธานี

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบสารประกอบฟัลสเตอรอลในพื้นที่น้ำท่วมจังหวัดปทุมธานี ด้วยวิธีทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

	Temp	pH	EC	SS	TDS	FC	CHR	Sterol	TC	CPN
Temp	1									
pH	-0.925	1								
EC	-0.017	0.219	1							
SS	0.946	-0.806	-0.149	1						
TDS	-0.790	0.940	0.078	-0.574	1					
FC	-0.760	0.948	0.278	-0.578	0.979*	1				
CHR	0.571	-0.817	-0.153	0.319	-0.953*	-0.952*	1			
Sterol	0.828	-0.884	0.215	0.600	-0.951*	-0.872	0.854	1		
TC	-0.799	0.968*	0.328	-0.646	0.964*	0.995**	-0.915	-0.852	1	
CPN	0.801	-0.599	0.580	0.699	-0.553	-0.412	0.318	0.765	-0.419	1

หมายเหตุ: CHR: cholesterol, CHN: cholestanol, CPN: coprostanol, TC: total coliforms; FC: fecal coliforms , N = 3

** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level

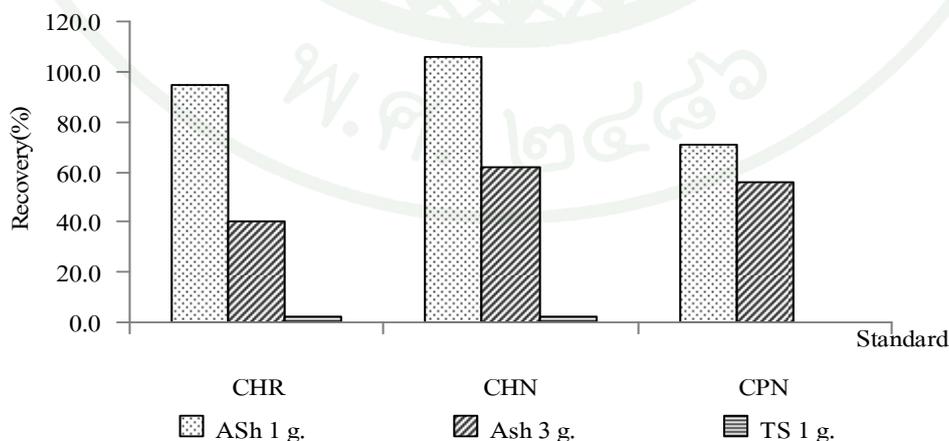
6. ผลของสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลในตัวอย่าง

6.1 ไม่มีอินทรีย์วัตถุในดิน (Non-Organic matter)

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐาน 3 ชนิด คือ สารประกอบคอเลสเตอรอล (CHR) สารประกอบคอเลสเตทานอล (CHN) และสารประกอบคอพอสตานอล (CPN) เพื่อดูค่าคืนกลับของสารมาตรฐาน และศึกษาการดูดซับของสารมาตรฐานของตะกอนดินในลำคลอง ศึกษาแบบไม่มีอินทรีย์วัตถุในดิน โดยนำตัวอย่างตะกอนดินมาเผา (Ash) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ตัวอย่างตะกอนดินที่เผาแล้วนำผสมสารมาตรฐาน แล้วนำมาสกัดตามวิธีการทดลอง (Nguyen *et al*, 2007)

การวิเคราะห์หาไม่มีอินทรีย์วัตถุในดินที่มีผลต่อการดูดซับสารมาตรฐาน(ภาพที่ 40) พบว่าสารประกอบคอเลสเตอรอล นำสารใส่ในดินเผา 1 กรัม หลังจากการสกัดนำมาวิเคราะห์ค่าคืนกลับได้ค่าเท่ากับร้อยละ 94.3 แต่ดินเผา 3 กรัม ได้ค่าเท่ากับร้อยละ 40.6 สารประกอบคอเลสเตทานอล นำสาร ในดินเผา 1 กรัม ได้ค่าคืนกลับร้อยละ 106.2 แต่ดินเผา 3 กรัม ได้ค่าเท่ากับร้อยละ 61.7 และสารประกอบคอพอสตานอลนำสารในดินเผา 1 กรัม ได้ค่าคืนกลับร้อยละ 71.1 แต่ดินเผา 3 กรัม ได้ค่าเท่ากับร้อยละ 56.1 จากข้อมูลเมื่อเทียบดินเผา 1 และ 3 กรัม พบว่าดินเผา 1 กรัม ให้ค่าคืนกลับที่เปอร์เซ็นต์สูงกว่าดินเผา 3 กรัม

สรุปได้ว่า ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ให้ค่าคืนกลับ (% Recovery) สูง รวมทั้งปริมาณตัวอย่างสูงมีผลต่อค่าคืนกลับเช่นกัน



ภาพที่ 40 การดูดซับสารประกอบฟีนอลในดินไม่มีอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์วัตถุในดิน

6.2 อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter)

นำดินที่มีอินทรีย์วัตถุในดินมาวิเคราะห์ ซึ่งเป็นอินทรีย์สารที่เกิดจากการทับถมจากสิ่งมีชีวิตอินทรีย์วัตถุมีการ์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 58 (จำเป็น, 2547) นำมาผสมรวมกับสารมาตรฐานคอเลสเทอรอล และสารคอเลสทานอล และนำมาสกัดเช่นเดียวกับไม่มีอินทรีย์วัตถุในดิน

จากการวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุในดินที่มีผลต่อการดูดซับสารมาตรฐาน (ภาพที่ 35) พบว่าในดิน 1 กรัมที่มีอินทรีย์วัตถุในสารประกอบคอเลสเทอรอลและสารประกอบคอเลสทานอล วิเคราะห์ได้ค่าคืนกลับเท่ากับร้อยละ 2.1 มีการสูญเสียกับการดูดซับของสารอินทรีย์ในวัตถุเท่ากับร้อยละ 97.9

สรุปได้ว่าผลของสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการสกัดสารประกอบฟัลสเตอรอลในตัวอย่างที่มีอินทรีย์วัตถุและไม่มีอินทรีย์วัตถุให้ผลที่สอดคล้องกัน สารมาตรฐานที่สามารถดูดซับได้มากที่สุด คือ สารประกอบคอพอสตานอล รองลงมาสารประกอบคอเลสเทอรอล และสารประกอบคอเลสทานอล ซึ่งแปลเป็นนัยได้ว่า หากตะกอนดินมีปริมาณสารอินทรีย์สูง การสกัดสารตัวอย่างที่ได้ อาจมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษานี้เป็นการศึกษาหาแหล่งที่มา และจำแนกชนิดการปนเปื้อนอุจจาระในคลองรอบเกาะรัตนโกสินทร์ โดยใช้สารประกอบฟัลลิสเตียรอล โดยทำการศึกษาตามฤดูกาล (ฤดูฝน, ฤดูแล้ง และฤดูร้อน) ระดับน้ำภายในประตูระบายน้ำ และปริมาณน้ำฝนรายเดือนคลองพื้นที่ศึกษาที่มีผลต่อการสะสมการปนเปื้อนอุจจาระ การปนเปื้อนในท่อระบายน้ำโดยระยะเวลาการศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี (มิถุนายน 54-พฤษภาคม 55) ศึกษาพื้นที่น้ำท่วม บริเวณจังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการสกัดสารประกอบฟัลลิสเตียรอลในตัวอย่าง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. คลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) มีการปนเปื้อนของสารประกอบคอเลสเทอรอล สารประกอบคอเลสทานอล และสารประกอบคอพอสตานอล ซึ่งบ่งชี้การปนเปื้อนอุจจาระของมนุษย์ และมูลสัตว์เล็กค่อน ทั้งสัตว์ปีกและสัตว์อื่นๆ

2. สารประกอบคอเลสเทอรอลพบมากในเดือนกันยายน 54 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 12.478 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่จุดเก็บตัวอย่างชุมชนโอง่าง สารประกอบคอเลสทานอล พบมากเดือนมกราคม 55 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 10.782 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่จุดเก็บสะพานสมมตอมรรมาศ และสารประกอบคอพอสตานอลพบมากเดือนพฤษภาคม 55 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 16.903 ไมโครกรัมต่อกรัมที่จุดเก็บชุมชนบางลำพู ซึ่งระดับน้ำคลองและปริมาณน้ำฝน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟัลลิสเตียรอล

3. สารประกอบฟัลลิสเตียรอลในท่อระบายน้ำ พบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดของสารประกอบฟัลลิสเตียรอลทั้งหมด พบในท่อระบายน้ำบริเวณสะพานสมมตอมรรมาศ สารประกอบคอเลสเทอรอล มีค่าเท่ากับ 8.321 ไมโครกรัมต่อลิตร สารประกอบคอพอสตานอลสูงมีค่าเท่ากับ 6.490 ไมโครกรัมต่อลิตร และสารประกอบคอเลสทานอลมีค่าเท่ากับ 1.205 ไมโครกรัมต่อลิตร

4. ผลกระทบจากน้ำท่วมนำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาสารประกอบฟัลลิสเตียรอล พบว่าจังหวัดนนทบุรีมีปริมาณสารประกอบคอเลสเทอรอลสูงสุดมีค่าเท่ากับ 11.064 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนจังหวัดปทุมธานีพบสารประกอบคอพอสตานอลสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.221 ไมโครกรัมต่อลิตร

5. ผลของอินทรียัตถุมีผลต่อการสกัดสารประกอบฟีนอลในดินตัวอย่าง พบว่าอินทรียัตถุในดินดูดซับสารประกอบฟีนอลได้ดีร้อยละ 97.9

6. ตรวจพบสารประกอบฟีนอลในดินทุกแหล่งน้ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบน้ำในท่อระบายน้ำกับน้ำท่วม พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในดิน ปริมาณ โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีนอลโคลิฟอร์มในท่อระบายน้ำมีปริมาณสูงกว่าบริเวณน้ำท่วม

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยที่ควรทำต่อไป คือ วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในรูปแบบอื่นเพื่อจำแนกแหล่งที่มาการปนเปื้อนของสัตว์แต่ละชนิด โดยเฉพาะสัตว์ที่เป็นพาหะนำเชื้อโรคมาริดต่อสู่มนุษย์ เช่น หนู เพื่อเป็นแนวทางการหาการปนเปื้อนอุจจาระของสัตว์เลื้อยคุดในชุมชนเมือง
2. การปนเปื้อนอุจจาระพบในท่อระบายน้ำที่ไหลลงสู่คลองพื้นที่ศึกษา ดังนั้นไม่ควรทิ้งสิ่งปฏิกูลลงท่อระบายน้ำและคลอง และควรมีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่คลอง
3. ควรมีการระบายน้ำคลองเพื่อเพิ่มการไหลเวียนน้ำในคลอง เพื่อช่วยให้คลองสะอาด
4. ศึกษาองค์ประกอบของดินตะกอนในคลองที่ศึกษาแต่ละฤดูของประเทศไทย เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่ามีผลต่อการดูดซับสารประกอบฟีนอล
5. ศึกษาว่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อสารประกอบฟีนอล

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html#s, 20 มกราคม 2555.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2554. ปริมาณอุทกภัยและปริมาณฝน. งานบริการข้อมูลกลุ่มภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ชมรมเด็ก. 2542. โรคติดต่อ. โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

ทองเปลว ทองจันทร์. 2556. สรุปบทเรียนมหาอุทกภัย 54. แหล่งที่มา: <http://www.eric.chula.ac.th>, 12 มีนาคม 2556.

นิรนาม. 2554. เตือนภัยน้ำท่วม ถ.ราชพฤกษ์ ชัยพฤกษ์ บางบัวทอง ทำอัฐ และซอยต่างๆ ทางตะวันตกแม่น้ำเจ้าพระยา. แหล่งที่มา: <http://thinkofliving.com/2011/10/17/>, 28 มีนาคม 2556

ปรีชา และนงลักษณ์ สุวรรณพินิช. 2552. ชีววิทยา 7. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2546. อนามัยสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์ ชิกม่า ดีไซน์ กราฟฟิก จำกัด, กรุงเทพฯ.

วิกิพีเดีย. 2556. อุทกภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2554. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/>, 12 มีนาคม 2556.

วีรานุช หลาง. 2551. จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สนุก ออนไลน์. 2554. แผนผังคาดการณ์ ระดับน้ำท่วมในพื้นที่เฝ้าระวัง. แหล่งที่มา: <http://news.sanook.com/1063976>, 28 มีนาคม 2556.

สิทธิชัย ตันธนะศุภษดี. 2549. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภัณฑิลา นิมรัตน์. 2552. **จุลชีววิทยาและการจัดการมลพิษดินและน้ำ**. บริษัท แอคทีฟ พรินท์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

สุเทพ สิริวิทย์ปกรณ. 2552. **เทคโนโลยีน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานระบายน้ำ. 2555. **ข้อมูลคลอง คู ลำราง ลำกระโดง ของกรุงเทพมหานครเรียงตามตัวอักษร**. แหล่งที่มา: <http://dds.bangkok.go.th/indexdds.htm>, 24 มกราคม 2555.

สำนักงานสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร. 2555. **รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อม 2549-2550**. แหล่งที่มา: <http://office.bangkok.go.th/environment/pdf/bsofe2549-2550.pdf>, 4 พฤษภาคม 2555.

อาลี เสือสมิง. 2554. **อิกายัต (เรื่องเล่า) มลายูบางกอก**. แหล่งที่มา: <http://www.alisuasaming.com/main/index.php/writing-92/malayubangkok/1813-malayubangkok18151>, 21 เมษายน 2556.

APHA, AWWA, and WEF. 2005. **Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. APHA Inc, USA.

Carreira, S. R., A. L.R. Wagener and J. W. Readman. 2004. Sterols as markers of sewage contamination in a tropical urban estuary (Guanabara Bay, Brazil): space - time variations. **Science Direct**. 60: 587-598.

Chan, K.H., M. H. W.Lam, K. Faipoon, H. Yuiyeung and T. T. Chiu. 1998. **Water Research**. 32: 225-235.

- Choi, M., E. T. Furlong, H. Moon, J. Yu and H. G. Choi. 2011. Contamination of nonylphenolic compounds in creek water, wastewater treatment plant effluents, and sediments from Lake Shihwa and vicinity, Korea: Comparison with fecal pollution. **Chemosphere**.
- Google. 2012. **Maps of Patum Thani**. Source: <http://maps.google.co.th/maps?hl=th&tab=w1>, May 4, 2012.
- Google. 2013. **Maps of Nonthaburi**. Source: <http://maps.google.co.th/maps?hl=th&tab=w1>, April 4, 2013.
- Gilli, G., R. Rovere, D. Traversi, T. Schiliro and C. Pignata. 2006. Fecal Sterol determination in wastewater and surface water. **Journal Chromatography B**. 120-124.
- Hussain, M., R. Ford and J. Hill. 2010. Determination of fecal contamination indicator sterols in an Australian water supply system. **Environmental monitoring and assessment**. 165: 147-157.
- Fattore, E., E. Benfenati, R. Marelli, E. Cools and R. Fanelli. 1996. Sterol in sediment samples from Venice Lagoon, Italy. **Chemosphere**. 33: 2283-2393.
- Furtula, V., J. Liu, P. Chamber, H. Osachoff, C. Kennedy and J. Harkness. 2011. Sewage treatment Plants Efficiencies in removal of Sterols and Sterol ratios as indicators of Fecal contamination sources. **Water Air Soil Pollution**. 33: 2283-2393.
- Furtula, V., H. Osachoff, G. Derksen, H. Juahir, A. Colodey and P. Chambers. 2012. Inorganic nitrogen, sterols and bacterial source tracking as tools to characterize water quality and possible contamination sources in surface water. **Water Research**. 46: 1079-1092.
- Isobe, K., M. Tarao, N. H. Chiem, L. Y. Minh and H. Takada. 2002. Quantitative Application of Fecal Sterols Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry To Investigate Fecal Pollution in Tropical Waters: Western Malaysia and Mekong Delta, Vietnam. **Environment Science Technology**. 36: 4497-4507.

- Isobe, K., M. Tarao, N. H. Chiem, L. Y. Minh and H. Takada. 2004. Effect of Environmental factors on the Relationship between concentrations of Coprostanol and Fecal indicator bacteria in tropical (Mekong Delta) and temperate (Tokyo) freshwaters. **Environment Microbiological**. 70(2): 814-821.
- Leeming, R., A. Ball, N. Ashbolt and P. Nichols. 1996. Using Faecal Sterol from humans and animals to distinguish Faecal pollution in receiving waters. **Water Research**. 30: 2893-2900.
- Moon, H.B., S. P. Yoon, R.H. Jung and M. Choi. 2008. Wastewater treatment plants (WWTPs) as a source of sediment contamination by toxic organic pollutants and fecal sterols in a semi-enclosed bay in Korea. **Chemosphere**. 73: 880-889.
- Nichols, P.D., R. Leeming, M. S. Rayner and V. Latham. 1996. Use of capillary gas chromatography for measuring fecal-derived sterols Application to stormwater, the sea-surface microlayer, beach greases, regional studies, and distinguishing algal blooms and human and non-human source of sewage pollution. **Journal of Chromatography A**. 733: 497-509.
- Nguyen, H. T., K. Zang, T. Koottatep and H. Satoh. 2007. The application of sterol and their ratio as fecal contamination indicators in water environment around Bangkok. **Southeast Asia Water Environment 2**. IWA Publisher, UK.
- Reeves, A. D. and D. Patton. 2005. Faecal sterols as indicators of sewage contamination in Estuarine sediments of the Tay Estuary, Scotland: an extended baseline survey. **Hydrology and Earth System Sciences**. 9: 81-94.
- Shah, V. G., R. H. Dunstan, P. M. Geary, T. K. Roberts and E. V. N. Felsobuki. 2007. Evaluating potential applications of faecal sterols in distinguishing sources of faecal contamination from mixed faecal samples. **Water Research**. 41: 3691-3700.

Sojinu, S.O., O. O. Sonibare, O. Ekundayo and E. Y. Zeng. 2012. Assessing anthropogenic contamination in surface sediments of Niger Delta, Nigeria with fecal sterols and n-alkanes as indicators. **Science of the total Environment**. 441: 89-96.

Sigma-Aldrich. 2012. **Cholesterol Cholestanol Coprostanol**. Source: <http://www.sigmaaldrich.com/singapore.html>, 22 มกราคม 2555.

Tyagi, P., D. Edwards and M. S. Coyne. 2008. Use of Sterol and Bile Acid Biomarkers to Identify domesticated animal sources of Fecal Pollution. **Water Air Soil Pollution**. 187: 263-274.

Writer, J. H., J. A. Leenheer, L. B. Barber, G. L. Amy and S. C. Chapra. 1995. Sewage contamination in the upper Mississippi river as measured by the Fecal Sterol, Coprostanol. **Water Research**. 29: 1427-1436.

Wu, J., R. Hu, J. Yue, Z. Yang and L. Zhang. 2009. Determination of fecal sterols by gas chromatography–mass spectrometry with solid-phase extraction and injection-port derivatization. **Journal of Chromatography A**. 1216: 1053-1058.

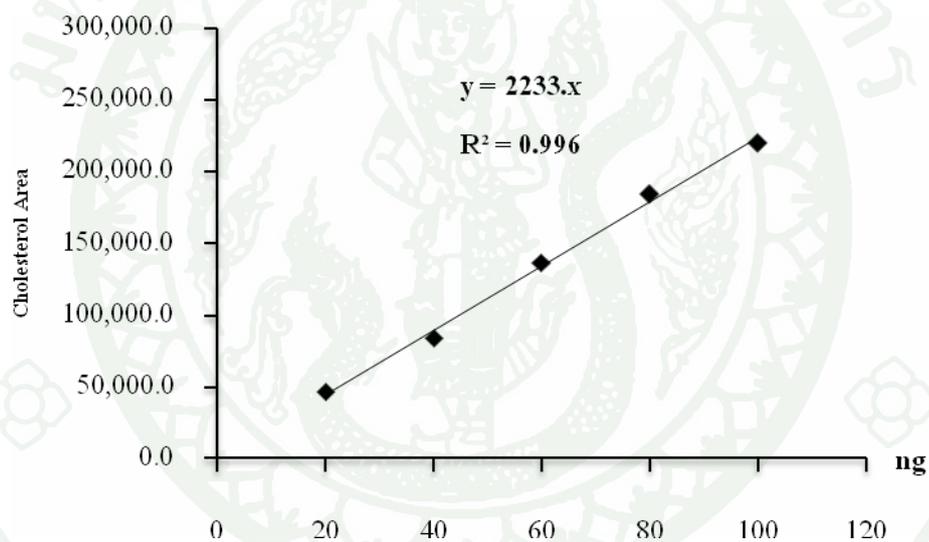
Zhang, C., Y. Wang and S. Qi. 2008. Identification and significance of sterols in MSW landfill leachate. **Journal of Chromatography B**. 878: 1-6.





ตารางผนวกที่ ก1 ความเข้มข้นสารมาตรฐานสารประกอบคอเลสเตอรอล

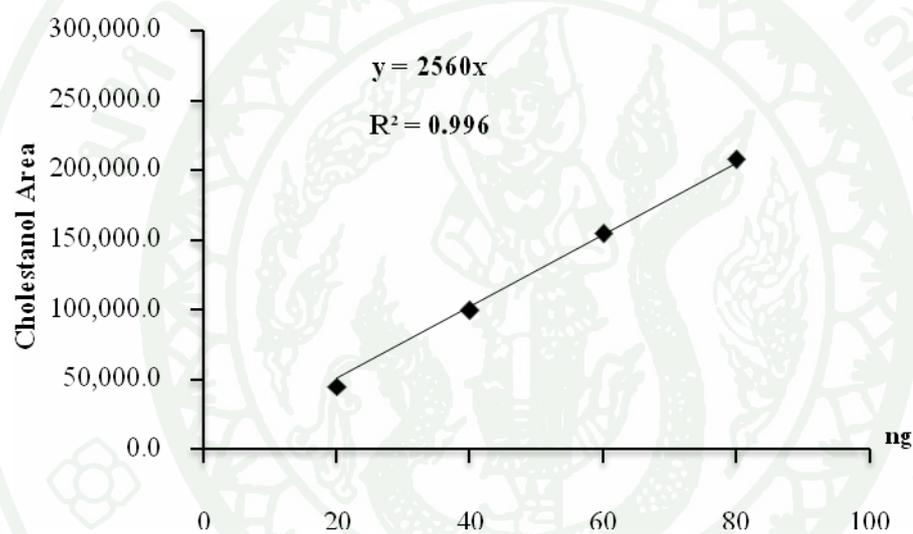
ระดับ	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น	พื้นที่	หน่วย
1	27.086	20	46,730.4	ng
2	27.086	40	83,933.8	ng
3	27.090	60	136,390.0	ng
4	27.092	80	183,835.9	ng
5	27.098	100	219,607.4	ng



ภาพผนวกที่ ก1 กราฟเส้นมาตรฐานสารประกอบคอเลสเตอรอล

ตารางผนวกที่ ก2 ความเข้มข้นสารมาตรฐานสารประกอบคอเลสเตอรอล

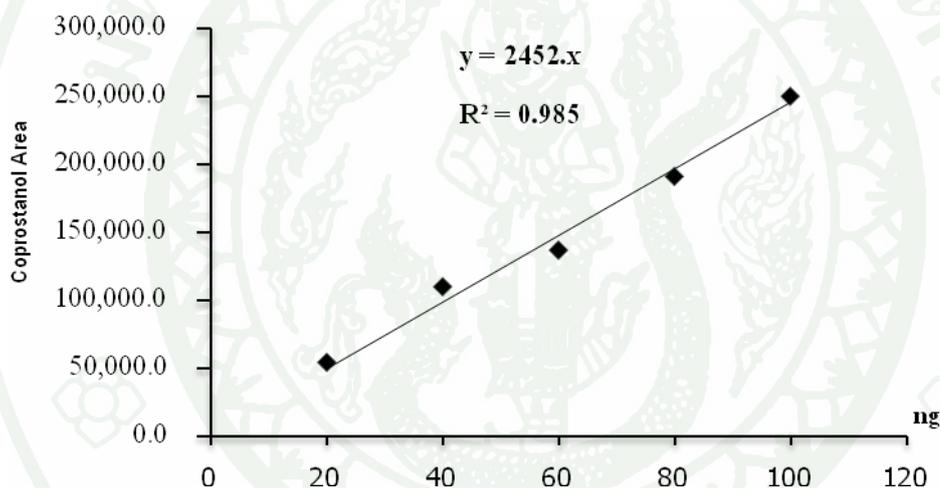
ระดับ	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น	พื้นที่	หน่วย
1	27.278	20	44,928.4	ng
2	27.289	40	99,188.0	ng
3	27.292	60	154,542.8	ng
4	27.297	80	207,269.7	ng



ภาพผนวกที่ ก2 กราฟเส้นมาตรฐานสารประกอบคอเลสเตอรอล

ตารางผนวกที่ ก3 ความเข้มข้นสารมาตรฐานของสารประกอบคอพอสตานอล

ระดับ	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น	พื้นที่	หน่วย
1	26.460	20	54,052.3	ng
2	26.464	40	109,735.4	ng
3	26.467	60	136,679.7	ng
4	26.474	80	190,985.4	ng
5	26.476	100	250,000.1	ng



ภาพผนวกที่ ก3 กราฟเส้นมาตรฐานสารประกอบคอพอสตานอล

ตารางผนวกที่ ก4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างในคลองรอบกรุง (โถ่งอ่าง-บางลำพู)

Date	Cholesterol		Cholestanol		Coprostanol	
	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)
2-6-S1-1	27.228	24,517.6	27.418	9,977.7	26.623	20,789.3
2-6-S1-2	27.177	23,870.6	27.356	7,323.2	26.561	23,835.9
2-6-S2-1	27.167	4,377.9	27.356	2,551.2	26.556	3,255.2
2-6-S2-2	27.176	2,110.8	27.344	1,236.3	26.562	1,977.8
2-6-S4-1	27.035	147.2	27.249	102.4	26.624	464.2
2-6-S4-2	27.113	108.6	27.207	141.4	26.591	248.3
22-6-S1-1	27.200	13,674.5	27.384	2,292.8	26.436	20,745.8
22-6-S1-2	27.159	152,065.6	27.344	60,474.0	26.552	138,641.6
22-6-S2-1	27.172	105,830.3	27.490	3,520.4	26.559	192,815.9
22-6-S2-2	27.165	62,674.8	27.338	68,367.0	26.549	110,261.0
22-6-S4-1	27.161	75,453.6	27.340	103,242.4	26.549	132,128.2
22-6-S4-2	27.166	69,619.1	27.343	105,013.5	26.546	131,826.0
1-7-S1-1	27.100	3,941.1	27.386	28,422.0	0.0	0.0
1-7-S1-2	27.259	8,938.1	27.424	12,039.6	26.628	4,223.1
1-7-S2-1	27.128	190,529.4	27.290	190,529.4	26.487	215,403.5
1-7-S2-2	27.162	20,015.3	27.328	22,690.0	26.534	15,707.7
1-7-S4-1	27.161	13,799.7	27.326	18,911.9	26.533	11,029.6
1-7-S4-2	27.149	5,030.1	27.318	8,762.9	26.525	3,520.3
18-7-S1-1	27.138	12,190.5	27.333	7,620.6	26.542	4,610.1
18-7-S1-2	27.205	8,634.1	27.376	3,207.0	26.586	8,712.8
18-7-S2-1	27.088	2,745.4	27.255	5,265.0	26.466	2,219.4
18-7-S2-2	27.158	34,826.2	27.412	2,565.0	26.533	38,642.2

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

Date	Cholesterol		Cholestanol		Coprostanol	
	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)
18-7-S4-1	27.203	14,484.5	27.382	14,635.4	26.588	18,876.4
18-7-S4-2	27.200	6,459.8	27.378	6,278.9	26.586	8,346.4
6-8-S1-1	27.221	2,167.6	27.402	1,269.9	26.607	2,041.9
6-8-S1-2	27.077	1,731.3	27.260	9,251.7	26.469	1,731.3
6-8-S2-1	27.227	7,580.8	27.401	11,906.7	26.607	11,777.6
6-8-S2-2	27.171	31,171.0	27.342	32,125.2	26.554	44,686.0
6-8-S4-1	27.227	9,423.0	27.399	14,227.4	26.604	14,792.8
6-8-S4-2	27.224	4,656.3	27.398	9,331.6	26.607	8,781.2
16-8-S1-1	27.294	4,611.2	27.469	3,174.7	26.673	6,848.3
16-8-S1-2	27.170	39,736.2	27.341	27,788.2	26.553	65,567.9
16-8-S2-1	27.171	8,165.9	27.338	5,655.6	26.548	8,733.3
16-8-S2-2	27.176	6,295.2	27.341	4,675.0	26.583	8,911.0
16-8-S4-1	27.156	13,777.2	27.339	12,728.5	26.547	13,524.8
16-8-S4-2	27.185	114,105.1	27.361	105,921.1	26.571	169,541.1
30-8-S1-1	27.216	9,825.1	27.378	5,235.5	26.584	6,277.3
30-8-S1-2	27.090	164.8	27.314	249.2	26.521	245.8
30-8-S2-1	27.100	2,808.3	27.392	34,011.8	26.599	34,455.4
30-8-S2-2	27.095	2,047.4	27.231	18,592.0	26.599	18,770.6
30-8-S4-1	27.112	14,392.3	27.249	160,673.3	26.477	12,620.0
30-8-S4-2	27.093	3,855.7	27.231	53,131.7	26.741	5,876.7
8-9-S1-1	27.185	120,602.9	27.376	5,217.9	26.584	3,503.2
8-9-S1-2	27.200	26,569.8	27.375	12,177.4	26.586	36,690.8
8-9-S2-1	27.170	2,875.3	27.337	3,211.4	26.584	3,517.9
8-9-S2-2	27.172	8,865.5	27.344	9,493.1	26.547	12,292.2
8-9-S4-1	27.169	41,530.5	27.348	56,624.4	26.558	84,953.2

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

Date	Cholesterol		Cholestanol		Coprostanol	
	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)
8-9-S4-2	27.137	949.1	27.255	587.8	26.637	626.4
22-9-S1-1	27.137	949.1	-	0.0	26.577	143.5
22-9-S1-2	27.193	723.7	-	0.0	26.559	663.0
22-9-S2-1	27.076	1,186.0	27.398	756.3	26.577	641.1
22-9-S2-2	27.156	800.0	27.357	483.0	26.535	467.5
22-9-S4-1	27.067	517.4	27.305	138.8	26.587	493.0
22-9-S4-2	27.203	290.0	27.394	531.9	26.563	649.2
30-9-S1-1	27.142	269.9	27.296	389.4	26.624	160.4
30-9-S1-2	-	0.0	-	0.0	26.642	373.6
30-9-S2-1	27.189	226.5	27.371	468.9	26.680	253.4
30-9-S2-2	27.155	3,175.7	27.336	3,072.4	26.541	4,892.2
30-9-S4-1	27.189	427.8	27.469	488.6	26.657	158.3
30-9-S4-2	27.153	251.1	27.319	205.7	26.661	329.4
8-10-S1-1	27.046	105.5	27.154	182.7	26.372	109.2
8-10-S1-2	27.107	11,299.3	27.297	2,354.9	26.502	8,029.5
8-10-S2-1	27.193	773.3	27.286	285.7	-	0.0
8-10-2-2s	27.139	507.9	27.268	242.9	-	0.0
8-10-S4-1	27.129	18,179.0	27.303	16,848.5	26.511	29,495.8
8-10-S4-2	27.128	25,994.2	27.300	24,962.3	26.513	42,664.8
20-10-S1-1	27.181	8,498.4	27.375	1,412.6	26.584	4,900.1
20-10-S1-2	27.101	10,825.7	27.295	6,035.8	26.502	4,785.6
20-10-S2-1	27.097	569.2	27.300	679.9	-	0.0
20-10-S2-2	27.118	120.8	27.333	832.9	26.516	114.6
20-10-S4-1	27.109	252.0	27.259	108.9	26.535	273.4
20-10-S4-2	27.095	245.7	27.361	213.5	26.596	144.2

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

Date	Cholesterol		Cholestanol		Coprostanol	
	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)
30-12-S1-1	27.114	13,053.1	27.300	4,976.9	26.509	11,948.9
30-12-S1-2	27.113	503.0	27.314	172.9	26.507	478.9
30-12-S2-1	27.120	3,960.7	27.302	4,409.0	26.507	3,960.7
30-12-S2-2	27.057	7,927.5	27.250	3,991.7	26.458	5,381.6
30-12-S4-1	27.059	734.5	27.247	836.1	26.457	975.4
30-12-S4-2	27.066	1,018.6	27.243	1,351.1	26.466	567.7
28-1-S1-1	27.117	7,693.5	27.304	1,151.3	26.513	5,712.8
28-1-S1-2	27.112	9,227.8	27.305	32,700.4	26.513	5,760.6
28-1-S2-1	27.113	7,408.7	27.306	1,229.9	26.514	5,992.7
28-1-S2-2	27.098	2,713.2	27.245	1,779.8	26.731	2,102.6
28-1-S4-1	27.230	1,791.2	27.412	2,565.0	26.622	2,328.4
28-1-S4-2	27.093	6,189.7	27.289	6,688.4	26.496	1,295.4
13-2-S1-1	27.132	16,907.4	27.304	8,218.4	26.517	24,670.5
13-2-S1-2	27.247	11,212.5	27.421	6,513.1	26.627	16,750.3
13-2-S2-1	27.109	3,163.9	27.261	55,521.6	26.638	82,622.6
13-2-S2-2	27.132	43,576.0	27.314	69,248.9	26.520	75,102.8
13-2-S4-1	27.143	73,120.3	27.325	116,819.2	26.527	124,175.8
13-2-S4-2	27.235	5,864.5	27.423	9,093.7	26.626	9,691.2
25-2-S1-1	27.185	2,308.4	-	0.0	26.589	1,158.5
25-2-S1-2	27.160	434.3	27.310	251.2	26.507	602.8
25-2-S2-1	27.165	249.4	27.328	351.5	26.507	155.2
25-2-S2-2	27.151	302.5	27.300	207.8	26.680	114.8
25-2-S4-1	-	0.0	27.305	392.9	26.661	314.5
25-2-S4-2	27.067	164.6	27.333	104.3	26.432	142.6
15-3-S2-1	27.137	831.1	27.319	309.8	26.596	250.4

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

Date	Cholesterol		Cholestanol		Coprostanol	
	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)	Rt.	Area(x)
15-3-S2-2	27.128	1,617.2	-	0.0	-	0.0
15-3-S4-1	-	0.0	27.397	881.6	26.611	503.4
15-3-S4-2	27.099	176.1	27.296	399.5	26.577	161.5
31-3-S1-1	27.174	4,002.0	27.354	5,809.2	26.588	7,249.3
31-3-S1-2	27.189	43,136.2	27.356	37,246.9	26.566	60,357.9
31-3-S4-1	27.176	1,157.1	27.364	1,418.9	26.582	706.4
31-3-S4-2	27.201	33,890.3	27.367	44,189.5	26.456	2,222.5
28-4-S1-1	27.073	6,467.6	27.248	4,037.6	26.462	9,830.6
28-4-S1-2	27.074	3,251.3	27.250	3,251.3	26.460	7,698.3
28-4-S2-1	27.072	536.1	27.363	1,570.9	26.575	2,703.7
28-4-S2-2	27.192	3,737.6	27.356	2,547.0	26.563	4,502.8
28-4-S4-1	27.186	14,014.0	27.354	22,588.1	26.564	21,595.8
28-4-S4-2	27.176	15,867.1	27.358	12,894.1	26.564	36,237.5
22-5-S1-1	27.096	26,210.2	27.259	17,577.0	26.473	41,568.8
22-5-S1-2	27.070	2,114.0	27.214	1,473.7	26.448	3,610.0
22-5-S2-1	27.083	51,038.2	27.268	64,329.1	26.483	102,258.6
22-5-S2-2	27.096	99,428.6	27.280	105,692.4	26.484	179,774.4
22-5-S4-1	27.065	14,535.7	27.236	11,839.0	26.454	24,468.3
22-5-S4-2	27.092	80,500.9	27.265	79,819.3	26.480	138,636.1
30-5-S1-1	27.076	60,631.4	27.243	37,724.6	26.458	95,870.3
30-5-S1-2	27.093	624.4	27.235	572.8	26.447	724.4
30-5-S2-1	27.051	4,697.8	27.241	3,150.3	26.450	6,027.6
30-5-S2-2	27.046	888.8	27.245	821.9	26.554	300.8
30-5-S4-1	27.065	13,110.5	27.256	11,452.0	26.474	16,223.2
30-5-S4-2	27.047	11,708.9	27.241	9,044.4	26.457	15,448.3

การคำนวณหาสารประกอบคอเลสเตอรอลจากของตะกอนดิน

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารประกอบคอเลสเตอรอลของตะกอนดิน (ภาคผนวก ก3)
ดังต่อไปนี้

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารประกอบคอเลสเตอรอลจากสมการ(1) เพื่อหาค่า X

$$Y = 2,560X \longrightarrow \text{สมการ(1)}$$

ตัวอย่างการคำนวณการวิเคราะห์สารประกอบคอเลสเตอรอล นำตัวอย่างดิน 1.432 กรัม สกัดด้วยเมทานอลและไดคลอโรมีเทน แล้วระเหยด้วยไนโตรเจนจนมีความเข้มข้น 1.0 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID ฉีดตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร ได้พื้นที่สารประกอบคอเลสเตอรอล (Y) = 53,000

จากสมการ(1) จะได้ค่า $X = 53,000/2,560 = 20.73$ หมายความว่า พื้นที่ 53,000 มีปริมาณสารประกอบคอเลสเตอรอล 20.73 นาโนกรัม

ตัวอย่างมีความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร มีสารประกอบคอเลสเตอรอล 20.73 นาโนกรัม

$$\begin{aligned} \text{ฉีดสารตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร} &= \frac{(20.73 \text{ นาโนกรัม})(1,000 \text{ ไมโครลิตร})}{1 \text{ ไมโครลิตร}} \\ &= 20,730 \text{ นาโนกรัม} \end{aligned}$$

ถ้าตัวอย่างตะกอนดินมีน้ำหนัก 1.432 กรัม = (20,730 นาโนกรัม/ 1.432 กรัม)

ดังนั้นตัวอย่างตะกอนดิน มีสารประกอบคอเลสเตอรอลเท่ากับ =14,476.3 นาโนกรัม/กรัม
= 14.476 ไมโครกรัม/กรัม



ภาคผนวก ข

ระดับน้ำภายในคลองรอบกรุง (โอง่าง-บางลำพู) ปี 2550 - 2554

ตารางผนวกที่ ข1 ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองโอง่าง

(หน่วย: เมตร)

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2552	0.13	0.15	0.06	-0.15	-0.30	-0.40	-0.44	-0.39	-0.42	-0.46	0.13	0.09
2553	0.04	0.04	0.07	-0.07	-0.26	-0.37	-0.45	-0.46	-0.42	-0.50	-0.20	-0.11
2554	-	-	-	-	-0.49	-0.54	-0.56	-0.59	-0.54	-0.37	-0.42	-0.37

หมายเหตุ (-) ไม่มีข้อมูล

ที่มา: สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2554)

ตารางผนวกที่ ข2 ระดับน้ำภายในประตูละบายน้ำคลองบางลำพู

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2550	0.17	0.91	0.57	0.24	-0.31	-0.25	-	0.00	0.61	1.12	1.15	1.17
2551	1.13	-	0.58	0.18	0.19	0.13	-0.04	0.22	0.63	1.10	-	-

หมายเหตุ (-) ไม่มีข้อมูล

ที่มา: สำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2554)



ตารางผนวกที่ ค1 ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด-สูงสุด) ทางเคมีของน้ำคลองโองอ่าง - บางลำพู

	ชุมชนโองอ่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ(S2)	สะพานผ่านฟ้า (S3)	ชุมชนบางลำพู (S4)	จำนวนตัวอย่าง
Temp	29.40 (27.00 – 32.00)	29.47 (27.00 – 32.00)	29.61 (28.00 – 32.00)	29.57 (27.00 – 32.00)	74
pH	7.12 (6.85 – 7.38)	7.13 (6.50 – 7.38)	7.19 (7.02 – 7.49)	7.21 (6.50 – 7.42)	74
DO	1.68 (0.00 – 4.20)	0.72 (0.00 – 2.60)	0.91 (0.00 – 1.80)	2.66 (0.00 – 5.20)	65
SS	31.22 (6.50 – 201.33)	32.19 (4.00 – 187.67)	18.63 (2.50 – 33.00)	33.04 (4.00 – 205.33)	70
EC	0.35 (0.26 – 0.50)	0.38 (0.21 – 0.55)	0.34 (0.24 – 0.53)	0.28 (0.11 – 0.48)	65
TDS	191.63 (44.00 – 400.00)	191.81 (81.00 – 376.00)	186.44 (63.00 – 348.00)	174.53 (55.00 – 352.00)	74
BOD	5.12 (2.78 – 10.90)	5.90 (2.50 – 11.33)	4.59 (3.50 – 6.20)	4.61 (2.33 – 8.72)	74
COD	71.47 (40.00 – 133.33)	82.77 (40.00 – 180.67)	71.87 (40.00 – 173.33)	66.32 (40.00 – 160.00)	74
TKN	5.84 (1.40 – 12.88)	7.60 (1.96 – 16.24)	1.40 (5.67 – 10.64)	5.08 (0.65 – 15.68)	74
NH ₃	3.02 (0.65 – 6.44)	4.54 (1.21 – 8.12)	2.30 (1.21 – 4.01)	8.47 (3.64 – 13.00)	71
TOC	10.18 (4.76 – 18.54)	9.83 (3.73 – 16.70)	9.07 (5.92 – 12.82)	8.47 (3.64 – 13.00)	54

ตารางผนวกที่ ค2 ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด-สูงสุด) ทางจุดชีววิทยาของน้ำคลองโอง่าง- บางลำพู

	Total Coliform (Log MPN/100ml)	Fecal coliform (LogMPN/100ml)
ชุมชนโอง่าง(S1)	6.58 (5.20-6.95)	6.53 (4.70-6.95)
สะพานสมมตอมรรมาร(S2)	6.54 (4.60-7.11)	6.44 (4.60-6.90)
สะพานผ่านฟ้าลีลาศ(S3)	6.07 (5.23-6.52)	5.94 (5.11-6.34)
ชุมชนบางลำพู(S4)	6.19 (2.85-6.90)	6.30 (2.30-7.04)

หมายเหตุ ข้อมูลทั้งหมดจำนวน 74 ตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ค3 ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด-สูงสุด) ทางจุดชีววิทยาของน้ำบริเวณท่อระบายน้ำ

ท่อระบายน้ำ	Total Coliform (Log MPN/100ml)	Fecal coliform (LogMPN/100ml)
ชุมชนโอง่าง(S1)	5.39 (3.30-6.48)	5.39 (3.30-6.48)
สะพานสมมตอมรรมาร(S2)	6.94 (6.70-7.20)	6.87 (6.70-7.20)
ชุมชนบางลำพู(S4)	7.18 (6.95-7.38)	7.18 (6.95-7.38)

หมายเหตุ เก็บจากท่อระบายน้ำ บริเวณใกล้เคียงจุดเก็บตัวอย่าง ข้อมูลทั้งหมดจำนวน 3 ตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ค4 ค่าเฉลี่ย (ต่ำสุด-สูงสุด) ทางเคมีของตะกอนดินคลองโอง่าง – บางลำพู

	ชุมชนโอง่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
TOC (g/kg)	11.29 (1.9-29.28)	26.79 (6.84-48.90)	25.85 (5.41-52.38)
OM (g/kg)	19.47 (3.2-50.48)	46.18 (11.80-84.30)	44.57 (9.33-90.30)
Moisture content (%)	0.79 (0.25-2.49)	2.04 (0.56-5.58)	2.44 (0.79-7.79)

หมายเหตุ ข้อมูลทั้งหมดจำนวน 61 ตัวอย่าง



ภาคผนวก ง
การคำนวณอัตราส่วนสารประกอบฟอสเฟตเดี่ยว

ตารางผนวกที่ ๑1 อัตราส่วนสารประกอบคอปเปอร์ต่อสารประกอบโพสตามอลและ
สารประกอบโคเลสเตอรอลของตะกอนดินในลำคลอง

เดือน	ชุมชนโอ่งอ่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
มิ.ย. 54	0.72	0.80	0.57
ก.ค. 54	0.35	0.62	0.45
ส.ค. 54	0.66	0.57	0.41
ก.ย. 54	0.68	0.51	0.61
ต.ค. 54	0.62	0.06	0.64
พ.ย. 54			
ธ.ค. 54	0.72	0.68	0.44
ม.ค. 55	0.75	0.58	0.53
ก.พ. 55	0.78	0.51	0.40
มี.ค. 55	0.62	0.63	0.08
เม.ย. 55	0.71	0.68	0.64
พ.ค. 55	0.72	0.63	0.65

ตารางผนวกที่ ๑2 อัตราส่วนสารประกอบคอปเปอร์ต่อสารประกอบโพสตามอล และ
สารประกอบโคเลสเตอรอลของน้ำในท่อระบายน้ำ

ครั้งที่	ชุมชนโอ่งอ่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
1	0.91	0.69	0.81
2	1.00	0.90	0.96
3	0.62	0.75	1.00

ตารางผนวกที่ 3 อัตราส่วนสารประกอบคอปเปอร์ต่อสารประกอบคอเลสเทอรอลของ
ตะกอนดินในลำคลอง

เดือน	ชุมชนโองอ่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ(S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
มิ.ย. 54	0.84	1.47	1.66
ก.ค. 54	0.48	0.98	0.90
ส.ค. 54	1.31	1.53	1.26
ก.ย. 54	0.16	1.15	1.77
ต.ค. 54	0.50	0.05	1.48
พ.ย. 54			
ธ.ค. 54	1.84	0.72	0.83
ม.ค. 55	1.21	3.90	1.53
ก.พ. 55	0.36	0.20	1.42
มี.ค. 55	1.31	0.16	0.11
เม.ย. 55	1.66	1.51	1.78
พ.ค. 55	1.44	1.69	1.50

ตารางผนวกที่ 4 อัตราส่วนสารประกอบคอปเปอร์ต่อสารประกอบคอเลสเทอรอลของน้ำใน
ท่อระบายน้ำ

ครั้งที่	ชุมชนโองอ่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
1	3.55	8.74	3.81
2	1.46	0.63	2.07
3	0.82	1.22	0.94

ตารางผนวกที่ 5 อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลของ
ตะกอนในลำคลอง

เดือน	ชุมชนโอง่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
มิ.ย. 54	2.61	4.09	1.33
ก.ค. 54	0.53	1.62	0.81
ส.ค. 54	1.92	1.33	0.69
ก.ย. 54	2.09	1.03	1.54
ต.ค. 54	1.61	0.06	1.80
พ.ย. 54			
ธ.ค. 54	2.52	2.16	0.77
ม.ค. 55	2.93	1.37	1.11
ก.พ. 55	3.51	1.03	0.67
มี.ค. 55	1.63	1.70	0.09
เม.ย. 55	2.51	2.08	1.76
พ.ค. 55	2.59	1.72	1.82

ตารางผนวกที่ 6 อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลของน้ำ
ในท่อระบายน้ำ

ครั้งที่	ชุมชนโอง่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ (S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
1	10.55	2.26	4.25
2	0.00	8.77	21.62
3	1.66	3.00	0.00

ตารางผนวกที่ 7 อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลและ
สารประกอบคอเลสเทอรอลของตะกอนดินในลำคลอง

เดือน	ชุมชนโอง่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ(S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
มิ.ย. 54	0.64	1.08	0.74
ก.ค. 54	0.25	0.61	0.43
ส.ค. 54	0.78	0.71	0.45
ก.ย. 54	0.15	0.54	0.82
ต.ค. 54	0.38	0.03	0.81
พ.ย. 54			
ธ.ค. 54	1.06	0.54	0.40
ม.ค. 55	0.86	1.01	0.64
ก.พ. 55	0.32	0.17	0.45
มี.ค. 55	0.73	0.15	0.05
เม.ย. 55	1.00	0.87	0.88
พ.ค. 55	0.93	0.85	0.82

ตารางผนวกที่ 8 อัตราส่วนสารประกอบคอพอสตานอลต่อสารประกอบคอเลสทานอลและ
สารประกอบคอเลสเทอรอลของน้ำในท่อระบายน้ำ

ครั้งที่	ชุมชนโอง่าง (S1)	สะพานสมมตอมรรมาศ(S2)	ชุมชนบางลำพู (S4)
1	2.66	1.80	2.01
2	1.46	0.59	1.89
3	0.55	0.87	0.94





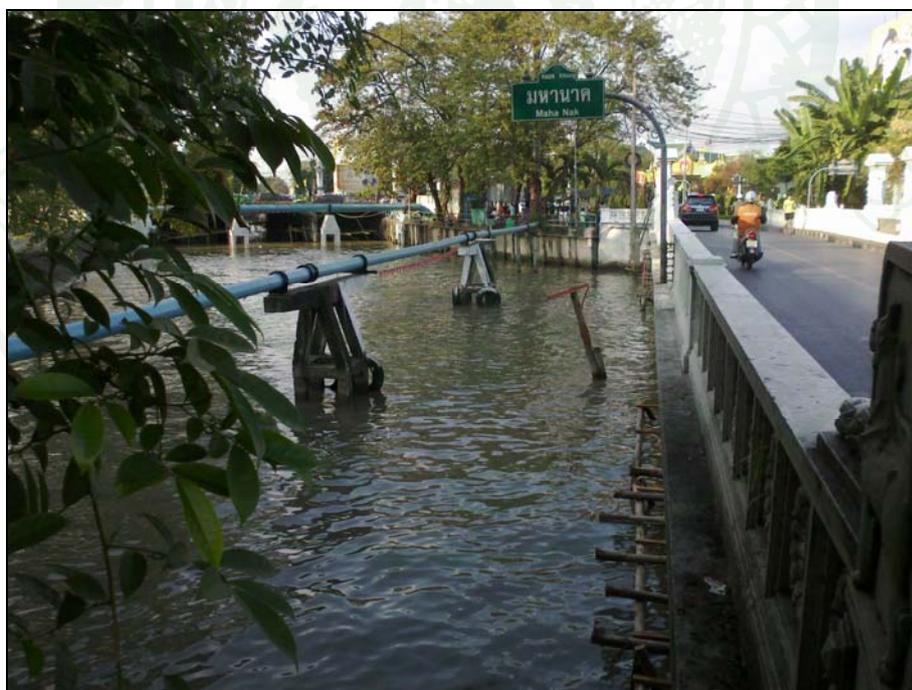
ภาพผนวกที่ จ1 ประตูระบายน้ำโองอ่าง



ภาพผนวกที่ จ2 จุดเก็บตัวอย่างชุมชนโองอ่าง (S1)



ภาพผนวกที่ จ3 จุดเก็บตัวอย่างสะพานสมมตอมรรมาคร (S2)



ภาพผนวกที่ จ4 จุดเก็บตัวอย่างสะพานผ่านฟ้าลีลาศ (S3)



ภาพผนวกที่ จ5 จุดเก็บตัวอย่างชุมชนบางลำพู (S4)



ภาพผนวกที่ จ6 ประตุน้ำบางลำพู



ภาพผนวกที่ ๗ เครื่อง GC-2014 (Shimadzu)



ภาพผนวกที่ ๘ เครื่อง TOC-Vcsh (Shimadzu)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นางสาวสุพัตรา ศรีจิ๋ว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	27 มีนาคม 2524
สถานที่เกิด	ชัยนาท
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ - เคมี)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนานาบุคตากร