บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และการดำเนินงานศึกษา

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานศึกษา สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1.1 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 มีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่

1) ชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MIKE 11 ที่ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ

- แบบจำลองอุทกศาสตร์ (Hydrodynamic module [HD module])
- แบบจำลองการแพร่กระจาย (Transport Dispersion module [TD module])
- แบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality module [WQ module])

2) เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาด 386 ขึ้นไป (RAM 512 kbytes ขึ้นไป)

3) ฮาร์ดดิสก์ที่มีความจุตั้งแต่ 10 Mbytes ขึ้นไป

4) math-coprocessor (8087)

5) เครื่องพิมพ์ขนาด 80 ตัวอักษรขึ้นไป

อุปกรณ์ข้างต้นนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ

สำหรับวัสดุอุปกรณ์ในการออกภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำ ได้แก่

1) เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ ของบริษัท WTW (เยอรมัน) รุ่น oxi 320 จากสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) เครื่องซาลิโนมิเตอร์ (salinometer) แบบ S-C-T meter รุ่น YSI 53 จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ตู้อินคิวเบท (incubator) จากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาลตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำ (water sampler) จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) ขวดบีโอดี

6) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

7) บิวเรตต์

8) กระบอกตวง

9) หลอดหยด (dropper)

10) ขวดฉีดน้ำกลั่น

3.2 วิธีดำเนินงานศึกษา

การดำเนินงานศึกษา ประกอบด้วยการดำเนินการต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น

1) ภาคตัดขวางของแม่น้ำแม่กลอง ตั้งแต่บริเวณเขื่อนวชิราลงกรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี จนถึงปากแม่น้ำที่หน้าวัดศรัทธาธรรม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย

2) ข้อมูลค่าปริมาณน้ำและระดับน้ำของสถานีตรวจวัดในแม่น้ำแม่กลอง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2537 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และ เดือนมกราคม พ.ศ.2541

(1) ข้อมูลค่าปริมาณน้ำที่สถานี K11 บริเวณบ้านวังขนาย อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จากฝ่ายสถิติและประมวลผล กรมชลประทาน

(2) ข้อมูลระดับน้ำราย 3 ชั่วโมง ที่สถานี K2B บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี จากฝ่ายสถิติและประมวลผล กรมชลประทาน

(3) ข้อมูลค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานี K5 บริเวณหน้าวัดศรัทธาธรรม จังหวัดสมุทรสงคราม จากฝ่ายอุทกศาสตร์ กองสำรวจและสร้างแผนที่ กรมเจ้าท่า

3) ข้อมูลคุณภาพน้ำตามสถานีที่กำหนด จากการสำรวจภาคสนาม ตั้งแต่วันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541

4) ข้อมูลน้ำเสีย ได้แก่ ปริมาณน้ำและปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี ได้จากการคำนวณโดยวิธีการที่จะกล่าวถึงในภายหลัง

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลที่จำเป็นในงานศึกษาและแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.ภาคตัดขวางของแม่น้ำ	ตั้งแต่บริเวณอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จนถึงปากแม่น้ำที่หน้าวัดศรัทธาธรรม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 98 หน้าตัด	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)
2.ข้อมูลปริมาณน้ำรายวัน	สถานี K11 และ สถานี K2B ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2537 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541	ฝ่ายวิเคราะห์และประมวลผลสถิติ กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน
3.ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมง	สถานี K5 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2537 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541	ฝ่ายอุทกศาสตร์ กองสำรวจและสร้างแผนที่ กรมเจ้าท่า
4.ข้อมูลคุณภาพน้ำ	ตามสถานีที่กำหนด จำนวน 6 สถานี คือ สถานี MK 1 ถึง MK6	สำรวจภาคสนามโดยผู้ศึกษา
5.ข้อมูลน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสียและปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี	การคำนวณโดยการประเมินจากเอกสารอ้างอิง

3.2.2 การออกเก็บตัวอย่างภาคสนาม

การออกเก็บตัวอย่างภาคสนามในที่นี้ คือ การเก็บตัวอย่างน้ำ โดยกำหนดออก 2 ครั้ง ระหว่างวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับเทียบแบบจำลอง และในระหว่างวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีวิธีการเตรียมการ และการดำเนินการ ดังนี้

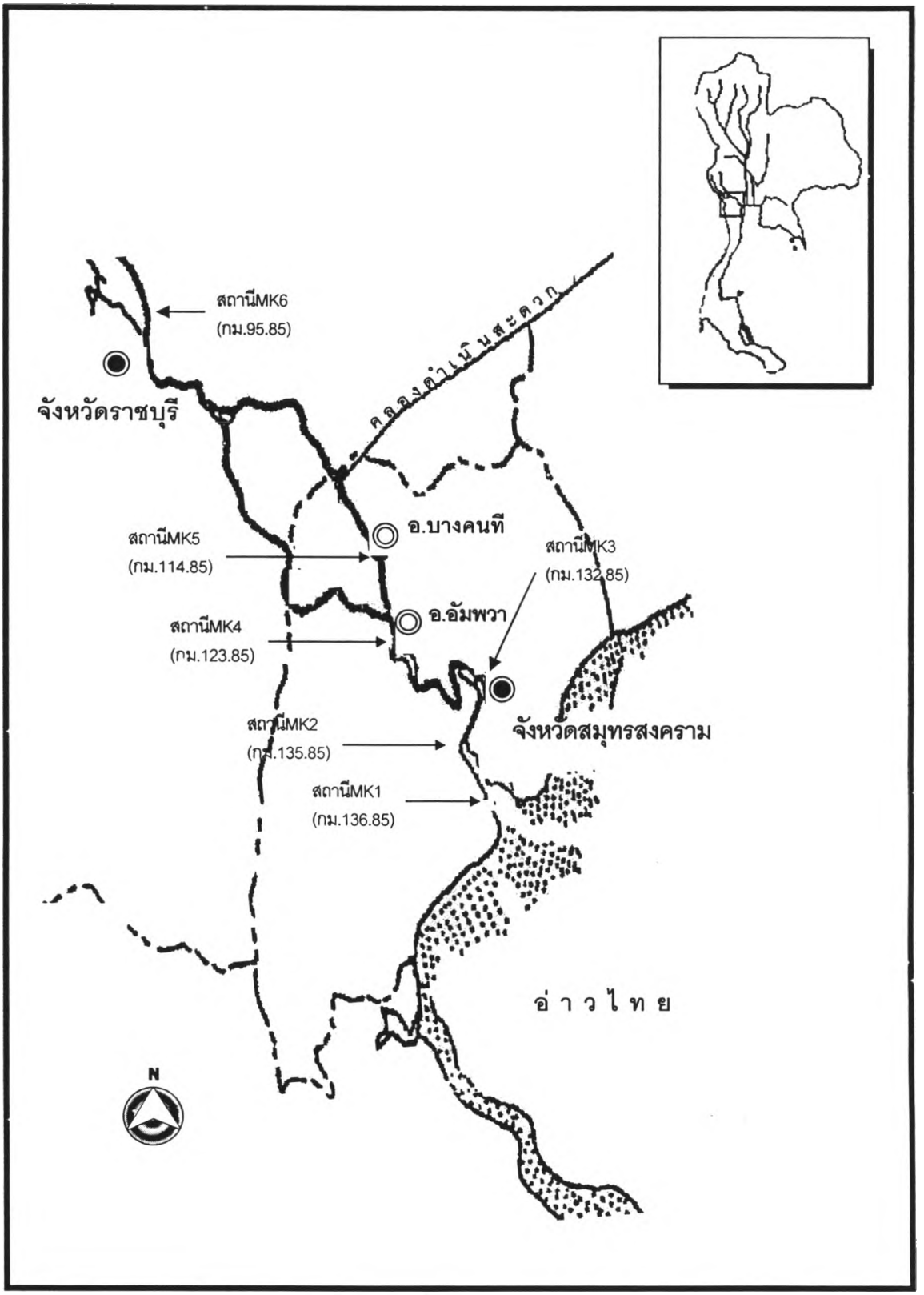
1) การวางแผนการเก็บตัวอย่าง

ในขั้นนี้จะทำการสำรวจเบื้องต้นโดยการออกสำรวจพื้นที่ เพื่อกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดราชบุรีและสมุทรสงคราม และเตรียมความพร้อมเมื่อออกภาคสนามจริง ซึ่งได้เลือกสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 6 สถานี (ดังรูปที่ 3.1) คือ

สถานี MK1 บริเวณปากแม่น้ำ หน้าวัดศรัทธาธรรม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
สถานี MK2 บริเวณสะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย จังหวัดสมุทรสงคราม
สถานี MK3 บริเวณหน้าโรงพยาบาลพระพุทธเลิศหล้านภาลัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
สถานี MK4 บริเวณหน้าที่ว่าการอำเภออัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม
สถานี MK5 บริเวณสะพานสมเด็จพระอมรินทร์ อำเภอบางคนที จ.สมุทรสงคราม
สถานี MK6 บริเวณสะพานธนะรัชต์ อำเภอเมือง จ.ราชบุรี

2) วิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ครั้ง คือ ช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ วันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 โดยแบ่งวิธีการเก็บตัวอย่าง 2 แบบ คือ



รูปที่3.1แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

(1) การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทั้งสามนี้ทำการเก็บตัวอย่างแบบกำหนดเวลา (Fix time) โดยเริ่มเก็บจากสถานี MK 1 (บริเวณปากแม่น้ำ) ซึ่งเป็นขอบเขตล่างของพื้นที่ และเก็บตัวอย่างน้ำตามสถานี MK 2 3 4 5 จนถึงสถานี MK 6 (บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี) ซึ่งเป็นขอบเขตบนของพื้นที่ศึกษา ทำการเก็บตัวอย่างแบบกำหนดเวลาทุกวันในช่วงออกภาคสนามตามวันและเวลาข้างต้น และทำการเก็บตัวอย่างออกซิเจนละลายรายชั่วโมง ในช่วงวันที่ 14-15 และ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจน

(2) การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ความเค็ม

การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ความเค็ม อาศัยวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 25 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในรอบ 1 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อใช้สำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง ทำการสำรวจในวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 โดยใช้เรือวิ่งเก็บระหว่างสถานี MK1 ถึง MK3 และสำหรับสถานี MK4 ใช้เรือจอดนิ่ง

- การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ในวันที่ 26-27 มกราคม พ.ศ.2541โดยใช้เรือวิ่งเก็บระหว่างสถานี MK1 ถึง MK3 โดยเพิ่มหนึ่งสถานี คือ สถานี MK 2/3 (บริเวณสถานีเติมน้ำมันเชลล์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ระยะระหว่างสถานี MK2 และ MK3) แต่ในครั้งนี้ งดเก็บตัวอย่างที่สถานี MK4

(3) การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ขั้นที่ 1 <u>*การหาจุดกึ่งกลางแม่น้ำ (ความกว้าง)*</u>

การเลือกบริเวณกึ่งกลางแม่น้ำ ทำโดยพิจารณาสภาพพื้นที่จริง อาจใช้สะพานเป็นตัวอ้างอิงหรือใช้เรือแล่นไปบริเวณกึ่งกลาง ประกอบกับข้อมูลของพื้นที่ คือ ภาคตัดขวางลำน้ำ (ถ้ามี) เพื่อหาจุดที่เหมาะสม

ขั้นที่ 2 <u>*การหาจุดกึ่งกลางความลึก*</u>

วิธีการทำโดยวัดความลึกของแม่น้ำ บริเวณกึ่งกลางความกว้างของสถานีเก็บตัวอย่าง เพื่อหาความลึกของน้ำ ซึ่งทำให้ทราบระยะกึ่งกลางความลึก

ขั้นที่ 3 <u>การเก็บตัวอย่าง</u>

- ภายหลังที่ทราบตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างน้ำแล้ว ใช้เครื่องมือเก็บน้ำหรือกระบอกเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างที่กึ่งกลางความลึก
- นำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ ใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างชนิดโพลีเอทิลลีน

ขั้นที่ 4 <u>การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ</u>

- ออกซิเจนละลาย อุณหภูมิและความเค็ม ให้ทำการวิเคราะห์ทันทีในภาคสนาม โดยใช้ DO meter และ SCT meter ตามลำดับ
- บีโอดี ทำการเก็บตัวอย่างในขวดโพลีเอทิลลีน โดยแช่เย็นที่ 4 °C แล้วนำตัวอย่างน้ำทำการวิเคราะห์หาบีโอดีในห้องปฏิบัติการต่อไป โดยต้องทำการวิเคราะห์ภายใน 48 ชั่วโมง ตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน (standard method) คือ วิธี azide modification ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงวิธีการที่ใช้เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
1.ออกซิเจนละลายและอุณหภูมิ	เก็บตัวอย่างน้ำที่กึ่งกลางแม่น้ำและกึ่งกลางความลึก และวิเคราะห์ค่าทันทีในภาคสนาม	DO meter
2 . ความเค็ม	เก็บตัวอย่างน้ำที่กึ่งกลางแม่น้ำและกึ่งกลางความลึกและวิเคราะห์ค่าทันทีในภาคสนาม	salinometer (SCT meter)
3 . บีโอดี	เก็บตัวอย่างน้ำที่กึ่งกลางแม่น้ำและกึ่งกลางความลึกและแช่เย็นที่ อุณหภูมิ 4°C เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	วิธี azide modification

3) การดำเนินการทางด้านคอมพิวเตอร์

การดำเนินการทางด้านคอมพิวเตอร์ เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11 เพื่อการศึกษาคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐาน การดำเนินการสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังรูปที่ 3.2

การดำเนินการศึกษาในขั้นตอนการปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง MIKE 11 มีวิธีการดังนี้

(1) การปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11

การปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นการปรับสมการต่างๆของโปรแกรม MIKE 11 โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์ อันได้แก่ สัมประสิทธิ์ความขรุขระ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายและสัมประสิทธิ์สำหรับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำเพื่อให้ผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับผลที่ได้จากการสำรวจ นั่นคือ การจำลองสภาพของลำน้ำลงสู่โปรแกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ซึ่งแต่ละส่วนมีวิธีการทำงาน ดังนี้

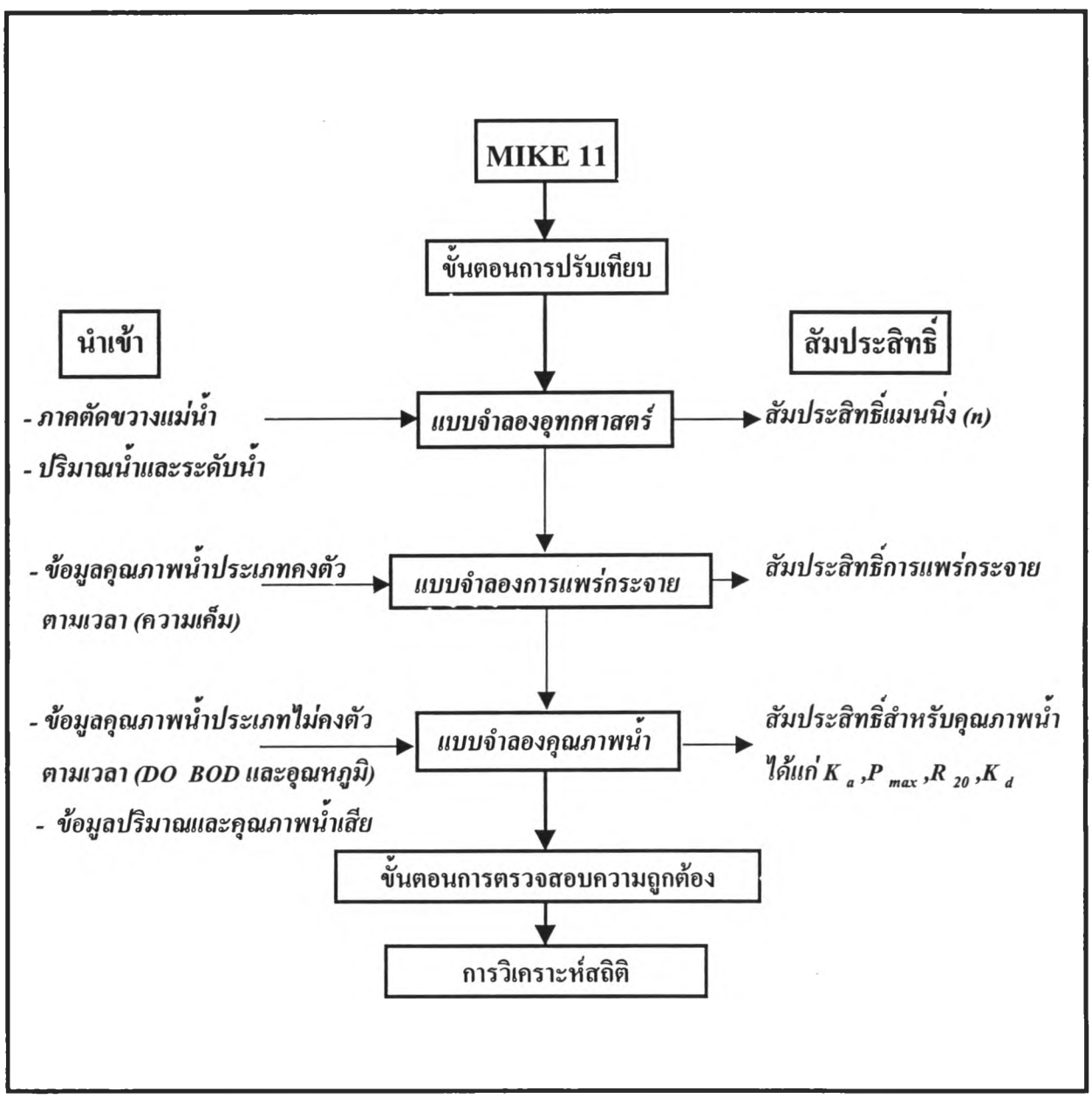
(1.1) แบบจำลองอุทกศาสตร์

ขั้นที่ 1 <u>การกำหนดลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำ</u>

นำข้อมูลภาคตัดขวางลำน้ำ (cross-section) ซึ่งเป็นข้อมูลลักษณะทางกายภาพของลำน้ำที่อยู่ในรูปโคออดิเนทระหว่างระยะตามแนวขวางลำน้ำ (x) และค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลหรือความสูงเทียบระดับน้ำทะเลมาตรฐาน (z) (x-z co-ordinate) เข้าโปรแกรม ซึ่งเป็นการจำลองสภาพลำน้ำ

ขั้นที่ 2 <u>การกำหนดข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในรูปอนุกรมเวลา</u> (time series database) <u>และการกำหนดขอบเขต</u> (boundary)

ภายหลังได้ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำแล้ว นำข้อมูลปริมาณน้ำที่สถานี K 11 ในรูปปริมาณน้ำรายวัน สถานี K2B ในรูปปริมาณน้ำราย 3 ชั่วโมง และค่าระดับน้ำที่สถานี K 5 ในรูประดับน้ำรายชั่วโมง ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2539 และเดือนมกราคม พ.ศ.2540 เข้าสู่



รูปที่ 3.2 แผนผังการดำเนินงานวิจัยและการทำงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11

โปรแกรม โดยข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำที่ใช้จำต้องเป็นข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้ได้ข้อมูลในรูปอนุกรมเวลา จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลงโปรแกรม กำหนดให้สถานี K11 เป็นขอบเขตบน สถานี K 5 เป็นขอบเขตล่าง และสถานี K2B เป็นสถานีปรับเทียบ ดังรูปที่ 3.3

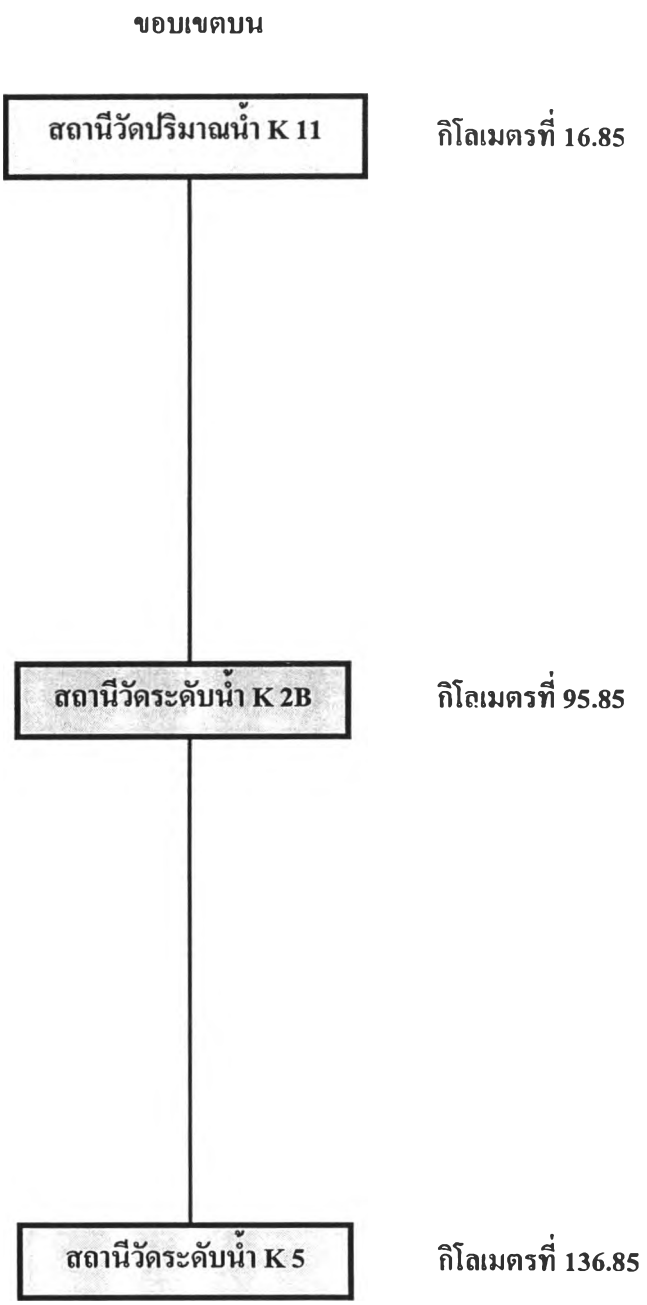
ขั้นที่ 3 <u>การปรับเทียบแบบจำลองอุทกศาสตร์</u>

เมื่อได้ลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำและข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในรูปอนุกรมเวลาแล้ว ให้ดำเนินการหรือการคำนวณผลโดยแบบจำลอง (calculation) เพื่อให้ได้ลักษณะอุทกศาสตร์ของแม่น้ำแม่กลอง ในการคำนวณต้องเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยผลการคำนวณคือปริมาณน้ำและระดับน้ำตามระยะต่างๆในแม่น้ำ แล้วทำปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ โดยเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งตามวิธีการ (ดังรูปที่ 3.4) ดังนี้

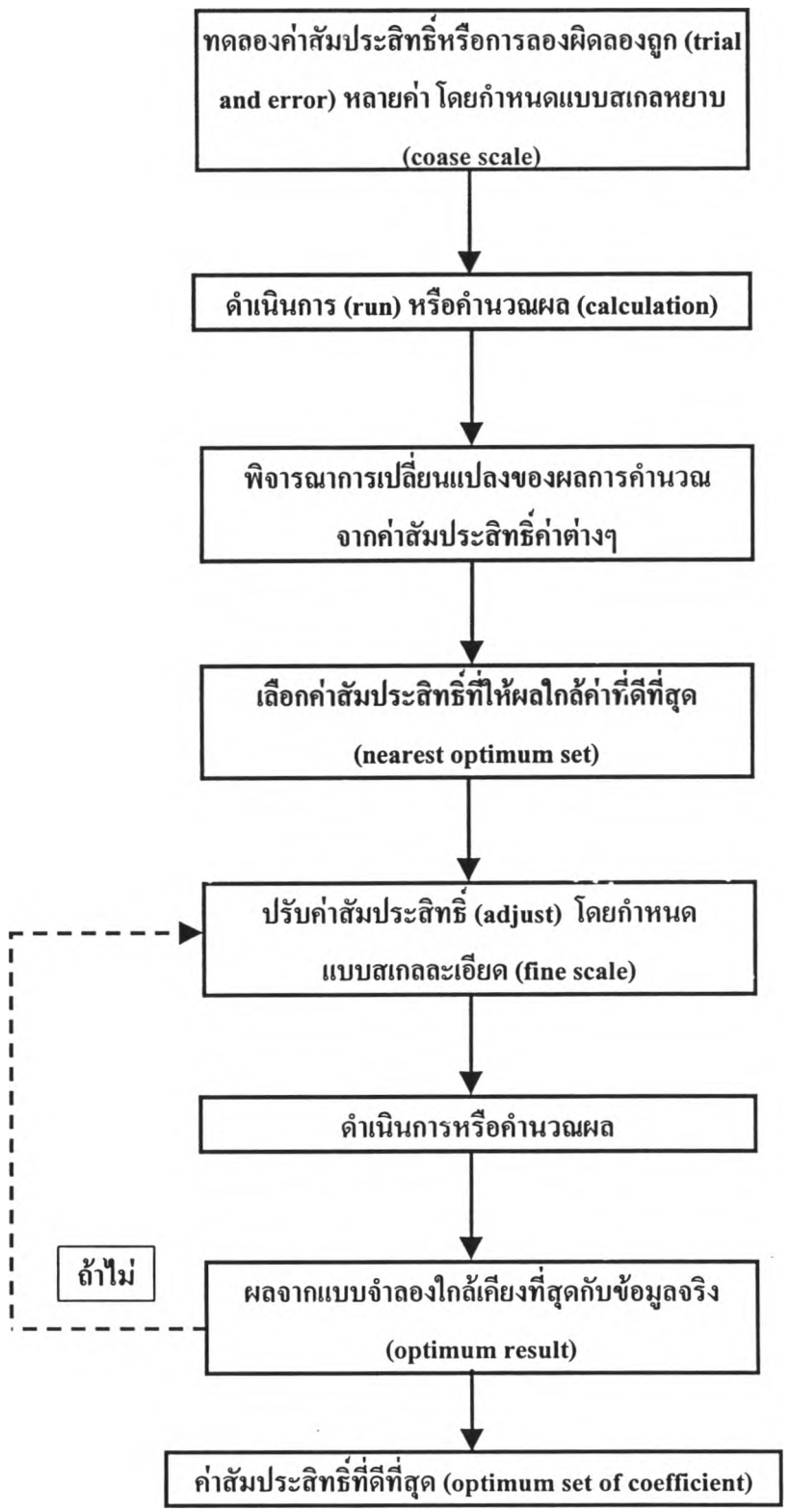
(ก) ทดลองค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเข้าไปในแบบจำลองคำนวณผลค่าระดับน้ำและเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่สถานี K2B พิจารณาโดยใช้ข้อกำหนดความถูกต้อง และปรับสัมประสิทธิ์ความขรุขระใหม่ (ถ้าคลาดเคลื่อนมาก)

(ข) ปรับค่าสัมประสิทธิ์จนได้ระดับน้ำจากการคำนวณใกล้ค่าที่ดีที่สุด (optimum set) แล้วทำการปรับสัมประสิทธิ์โดยเพิ่มความละเอียดจนได้ชุดสัมประสิทธิ์ ความขรุขระแมนนิ่งที่ดีที่สุด โดยเป็นชุดที่ให้ผลระดับน้ำจากแบบจำลองใกล้เคียงหรือเท่ากับระดับน้ำที่ตรวจวัดจริงตามสถานี

ในการปรับเทียบแบบจำลองอุทกศาสตร์ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ และได้จำลองลักษณะการไหลของแม่น้ำแม่กลองในรูปของปริมาณและระดับน้ำที่ไหลผ่านหน้าตัดต่างๆ



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงขอบเขตและจุดปรับเทียบสำหรับแบบจำลองอุทกศาสตร์



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการปรับเทียบสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

(1.2) แบบจำลองการแพร่กระจาย

ขั้นที่ 1 <u>การกำหนดข้อมูลคุณภาพน้ำ (ความเค็ม) ในรูปอนุกรมเวลาและกำหนดขอบเขต</u>

นำข้อมูลความเค็มรายชั่วโมง (พารามิเตอร์คุณภาพน้ำประเภทคงตัวตามเวลา) ช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 ของสถานี MK 1 ถึง MK 4 ใส่ลงในโปรแกรม ให้รับทราบค่าพารามิเตอร์ความเค็มและหน่วยความเข้มข้นที่ใช้ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปอนุกรมเวลา แล้วทำการกำหนดขอบเขตโดยสถานี MK 1 เป็นขอบเขตล่างและสถานี MK 6 (โดยใช้ข้อมูลสถานี MK 4) เป็นขอบเขตบน และสถานีปรับเทียบ คือ สถานี MK 2 3 และ MK 4 เป็นสถานีปรับเทียบ ในงานศึกษานี้ เป็นขอบเขตแบบเปิด (open boundary) ดังรูปที่ 3.5

ขั้นที่ 2 <u>การปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจายสาร</u>

นำผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองอุทกศาสตร์ คือการจำลองการไหลในรูปของปริมาณน้ำและระดับน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง และข้อมูลความเค็มในรูปอนุกรมเวลา ทำการคำนวณผลเพื่อได้ลักษณะการแพร่กระจายของสาร (ความเค็ม) ในลำน้ำ โดยเลือกค่าเวลากำหนดที่เหมาะสมซึ่งมีค่าครึ่งหนึ่งของค่าจากแบบจำลองอุทกศาสตร์ แล้วทำปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย แฟคเตอร์การแพร่กระจาย (f) และเลขยกกำลัง (exp) โดยเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ตามวิธีการ ดังนี้

(ก) ทดลองค่า D, f และ exp เข้าไปในแบบจำลอง

(ข) คำนวณผลความเค็มและเปรียบเทียบกับค่าความเค็มที่วัดจริงที่สถานี MK2 MK3 และ MK4 พิจารณาโดยใช้ข้อกำหนดความถูกต้อง และปรับสัมประสิทธิ์ D f และ exp ใหม่ (ถ้าคลาดเคลื่อนมาก)

(ค) ปรับค่าสัมประสิทธิ์จนได้ความเค็มจากการคำนวณใกล้ค่าที่ดีที่สุด แล้วทำการปรับสัมประสิทธิ์โดยเพิ่มความละเอียด จนได้ชุดสัมประสิทธิ์ D, f และ exp ที่ดีที่สุด โดยเป็นชุดที่ให้ผลความเค็มจากแบบจำลองใกล้เคียงหรือเท่ากับความเค็มที่ตรวจวัดจริงตามสถานีปรับเทียบ

ในการปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจายจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย และได้จำลองลักษณะการแพร่กระจายของสารในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงขอบเขตและจุดปรับเทียบสำหรับแบบจำลองการแพร่กระจายสารของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง กรณีการปรับเทียบแบบจำลอง

(1.3) แบบจำลองคุณภาพน้ำ

ขั้นที่ 1 <u>การกำหนดข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดี และอุณหภูมิในรูปอนุกรมเวลาและกำหนดขอบเขต</u>

นำค่าออกซิเจนละลาย บีโอดี และ อุณหภูมิรายวัน ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 ของสถานี MK 1 ถึง MK 6 ใส่ลงในโปรแกรม ให้รับทราบค่าพารามิเตอร์ทั้งสามและหน่วยความเข้มข้นที่ใช้ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปอนุกรมเวลา แล้วทำการกำหนดขอบเขตโดยสถานี MK 1 เป็นขอบเขตล่าง และ MK 6 เป็นขอบเขตบน และสถานีปรับเทียบ คือ สถานี MK 2 3 4 และ MK 5 เป็นสถานีปรับเทียบ ในงานศึกษานี้ เป็นขอบเขตแบบเปิดดังรูปที่ 3.6

ขั้นที่ 2 <u>การกำหนดข้อมูลปริมาณและความเข้มข้นบีโอดีของน้ำเสียในรูปอนุกรมเวลา</u> (time series wasteload)

นำค่าปริมาณน้ำเสียและความเข้มข้นบีโอดีของน้ำเสียที่จุดปล่อยทิ้งต่างๆ (ทำการกำหนดชื่อเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน) ซึ่งได้จากการประเมินในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 โดยให้เป็นข้อมูลรายวัน ใส่ลงในโปรแกรม เพื่อรับทราบค่าปริมาณ ความเข้มข้นและหน่วยความเข้มข้นของน้ำเสียที่ใช้ จะได้ข้อมูลน้ำเสียในรูปอนุกรมเวลา แล้วทำการกำหนดจุดปล่อยทิ้งตามระยะแม่น้ำโดยกำหนดเป็นกิโลเมตรน้ำ ใส่ลงในขอบเขตข้างต้น

ขั้นที่ 3 <u>การปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ</u>

นำผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองอุทกศาสตร์ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ข้อมูลออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิในรูปอนุกรมเวลา และข้อมูลน้ำเสียในรูปอนุกรมเวลา ทำการคำนวณผลเพื่อได้สภาพคุณภาพน้ำในแม่น้ำ โดยเลือกค่าเวลากำหนดที่เหมาะสมซึ่งมีค่าครึ่งหนึ่งของค่าจากแบบจำลองอุทกศาสตร์ แล้วทำปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย (K_d) ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (P_{max}) อัตราการหายใจที่ 20°C (R_{20}) และสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (K_a) โดยเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ตามวิธีการเช่นเดียวกับวิธีที่ใช้ในแบบจำลองการแพร่กระจายสาร วิธีการปรับเทียบสัมประสิทธิ์เป็นดังนี้

(ก) กำหนดค่าละติจูดที่ตั้งของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง เพื่อปรับเทียบอุณหภูมิ

(ข) ปรับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย เพื่อปรับค่าบีโอดี

(ค) ปรับผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ

รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงขอบเขตและจุดปรับเทียบสำหรับแบบจำลองคุณภาพน้ำของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

(ง) ปรับสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ เพื่อปรับเทียบค่าออกซิเจนละลาย พิจารณาผลคุณภาพน้ำจากการคำนวณเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำจากการสำรวจ จนค่าที่ได้จากการคำนวณเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าจากการสำรวจจริงตามสถานีปรับเทียบ

ในการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำจะได้ค่าคงที่และอัตราของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำและได้จำลองสภาพคุณภาพน้ำของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

(2) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในขั้นตอนนี้ จะมีวิธีการดำเนินการ เช่นเดียวกับขั้นการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่การคำนวณจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากขั้นการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

(2.1) แบบจำลองอุทกศาสตร์

ขั้นที่ 1 <u>การกำหนดข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในรูปอนุกรมเวลาและการกำหนดขอบเขต</u>

นำข้อมูลปริมาณน้ำที่สถานี K 11 ในรูปปริมาณน้ำรายวัน สถานี K2B ในรูปปริมาณน้ำรายสามชั่วโมง และค่าระดับน้ำที่สถานี K 5 ในรูประดับน้ำรายชั่วโมง ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ.2537 (เนื่องจากไม่มีข้อมูลระดับน้ำที่สถานี K2Bในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2541) เข้าโปรแกรม ทำให้ได้ข้อมูลในรูปอนุกรมเวลา และใช้ขอบเขตพื้นที่เช่นเดียวกับในการปรับเทียบโดย กำหนดให้สถานี K11 เป็นขอบเขตบน สถานี K 5 เป็นขอบเขตล่างและสถานี K2B เป็นสถานีปรับเทียบ

ขั้นที่ 2 <u>การตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองอุทกศาสตร์</u>

นำลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำและข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในรูปอนุกรมเวลา มาดำเนินการหรือการคำนวณผลโดยแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง นำข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับผลจากการสำรวจจริงของสถานี K2B โดยใช้สถิติวิเคราะห์

ขั้นที่ 3 <u>การประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกศาสตร์</u>

(validation of Hydrodynamic model)

จากการขาดข้อมูลระดับน้ำที่สถานี K2B ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541 เนื่องจากเป็นสถานีที่เลิกบันทึกค่าระดับน้ำแล้ว ดังนั้น ในการปรับเทียบแบบจำลองอุทกศาสตร์ จึงใช้ค่าระดับน้ำช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2539 และเดือนมกราคม พ.ศ.2540 และการตรวจสอบความถูกต้อง จึงใช้ค่าระดับน้ำช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ.2537 ของสถานี K11 สถานี K2B และสถานี K 5

ภายหลังการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอุทกศาสตร์แล้ว ประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ สภาพกายภาพของแม่น้ำแม่กลองและข้อมูลปริมาณน้ำรายวันของสถานี K11 และข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานี K 5 ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541 มาใช้ในการคำนวณค่าปริมาณน้ำและระดับน้ำของแม่น้ำแม่กลองในช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจายและแบบจำลองคุณภาพน้ำต่อไป

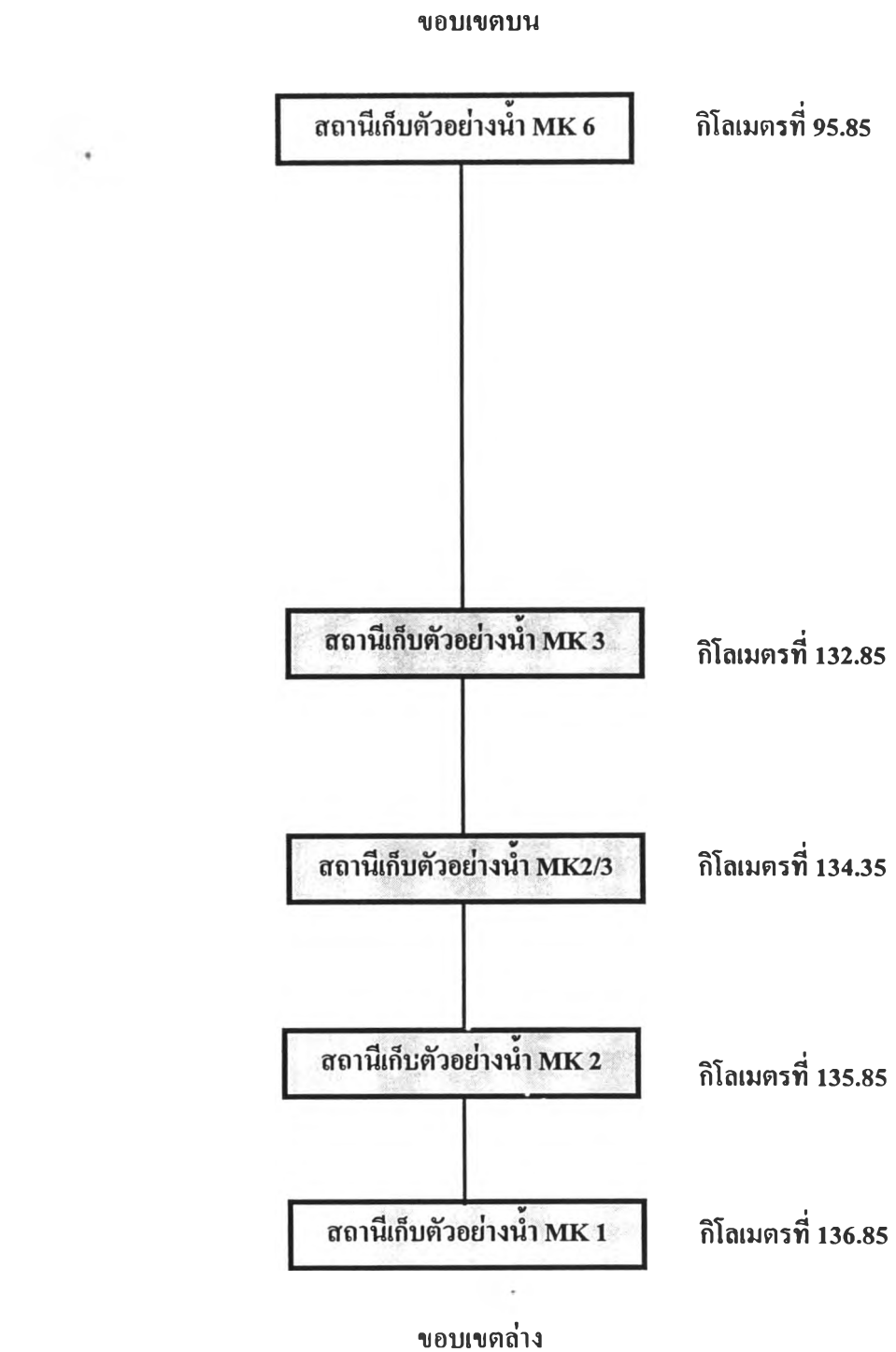
(2.2) แบบจำลองการแพร่กระจายสาร

ขั้นที่ 1 <u>การกำหนดข้อมูลคุณภาพน้ำ (ความเค็ม) ในรูปอนุกรมเวลาและกำหนดขอบเขต</u>

นำข้อมูลความเค็มรายชั่วโมง ในวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2541 ของสถานี MK 1 ถึง MK 3 และ MK 6 ใส่ลงในโปรแกรม ให้รับทราบค่าพารามิเตอร์ความเค็มและหน่วยความเข้มข้นที่ใช้ ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปอนุกรมเวลา แล้วทำการกำหนดขอบเขตโดยสถานี MK 1 เป็นขอบเขตล่าง และ MK 6 เป็นขอบเขตบน และสถานีปรับเทียบ คือ สถานี MK 2 สถานี MK 2/3 และสถานี MK 3 เป็นสถานีปรับเทียบ ดังรูปที่ 3.7

ขั้นที่ 2 <u>การตรวจสอบแบบจำลองการแพร่กระจายสาร</u>

นำผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองอุทกศาสตร์ คือการจำลองการไหลในรูปของปริมาณน้ำและระดับน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง และข้อมูลความเค็มในรูปอนุกรมเวลา ทำการคำนวณผล โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้จากการปรับเทียบ นำความเค็ม



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงขอบเขตและจุดปรับเทียบสำหรับแบบจำลองการแพร่กระจายสารของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับผลจากการสำรวจจริงของสถานี MK 2 MK 2/3 และ MK 3 โดยใช้สถิติวิเคราะห์

(2.2) แบบจำลองคุณภาพน้ำ

ขั้นที่ 1 <u>การกำหนดข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิในรูปอนุกรมเวลาและกำหนดขอบเขต</u>

นำค่าออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิรายวัน ในช่วงวันที่ 23-27 มิถุนายน พ.ศ.2541 ของสถานี MK 1 ถึง MK 6 ใส่ลงในโปรแกรม ให้รับทราบค่าพารามิเตอร์ทั้งสามและหน่วยความเข้มข้นที่ใช้ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปอนุกรมเวลา แล้วทำการกำหนดขอบเขต โดยสถานี MK 1 เป็นขอบเขตล่าง และ MK 6 เป็นขอบเขตบน และสถานีปรับเทียบ คือ สถานี MK 2 3 4 และ MK 5 เป็นสถานีปรับเทียบ

ขั้นที่ 2 <u>การกำหนดข้อมูลปริมาณและความเข้มข้นบีโอดีของน้ำเสียในรูปอนุกรมเวลา</u>

นำค่าปริมาณน้ำเสียและความเข้มข้นบีโอดีของน้ำเสียที่จุดปล่อยทิ้งต่างๆ ซึ่งทำการประเมินในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2541 โดยให้เป็นข้อมูลรายวัน ใส่ลงในโปรแกรม เพื่อรับทราบค่าปริมาณ ความเข้มข้นและหน่วยความเข้มข้นของน้ำเสียที่ใช้ จะได้ข้อมูลน้ำเสียในรูปอนุกรมเวลา แล้วทำการกำหนดจุดปล่อยทิ้งตามระยะแม่น้ำโดยกำหนดเป็นกิโลเมตรน้ำ ใส่ลงในขอบเขตข้างต้น

ขั้นที่ 3 <u>การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ</u>

นำผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองอุทกศาสตร์ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ข้อมูลออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิในรูปอนุกรมเวลา และข้อมูลน้ำเสียในรูปอนุกรมเวลา ทำการคำนวณผลคุณภาพน้ำในแม่น้ำ โดยค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจที่ 20 °C และสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่ 20 °C ที่ได้จากขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง นำผลคุณภาพน้ำออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับผลจากการสำรวจจริงของสถานี MK 2 MK 3 MK 4 และ MK 5 โดยใช้สถิติวิเคราะห์

4) การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ปรับเทียบแล้วกับผลจากการตรวจวัดจริงในภาคสนาม

สำหรับงานวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ ในงานศึกษานี้ เลือกพิจารณาสถิติ 3 ชนิด ได้แก่

(1) สถิติ t-test ทำการคำนวณผลเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในเชิงตัวเลข เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 กับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

(2) สถิติวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis [r]) เป็นสถิติที่เลือกใช้เพื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและระบบจริง

(3)สถิติวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (root mean square error [RMSE]) เป็นสถิติที่ใช้ในการพิจารณาความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณจากแบบจำลองและข้อมูลจริง