

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและ ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การศึกษาเปรียบเทียบเป็นระยะเวลา 1 ปี คือในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 โดยจะนำเสนอเนื้อหาตามลำดับดังนี้

1. ตัวอย่างการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS ทั้ง 12 เดือน
2. การตรวจสอบผลของแบบจำลองโดยนำค่า River Loading ซึ่งผู้ดำเนินการแบบจำลอง พยายามปรับแก้ให้ได้ผลใกล้เคียงกับผลของ AQUA MODIS Sensor มาเปรียบเทียบกับข้อมูล Dissolved Inorganic Nitrogen ของโครงการ Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) Biochemical Modelling Node
3. แสดงภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองในช่วงเวลาเดียวกันเป็นรายเดือนทั้ง 12 เดือน พร้อมทั้งค่า River Loading ในแต่ละเดือน
4. เปรียบเทียบตัวอย่างการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจากดาวเทียม AQUA MODIS ในช่วงเวลาเดียวกัน
5. เปรียบเทียบการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้น 10 เท่า (10X) ของ River Loading กับการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปกติ (1X)
6. อภิปรายผลจากการศึกษา
7. ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบเป็นระยะเวลา 1 ปี คือในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสถานการณ์ปกติ (1X) กับในสถานการณ์จำลองที่มีปริมาณ River Loading เพิ่มขึ้น 10 เท่า (10X) เพื่อดูการขยายตัวของปริมาณคลอโรฟิลล์ว่าเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยสรุปผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

1. ตัวอย่างการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS ทั้ง 12 เดือน ภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS จะสังเกตเห็นว่าเดือนที่มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์มากกว่า 2 mg/m^3 อยู่ในสภาวะยูโทรฟิเคชันสูงที่สุดบริเวณอ่าวไทยตอนในเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังนี้ เดือนกันยายน, เดือนสิงหาคม, เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม, ส่วนเดือนมกราคม, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนมีนาคมและ เดือนเมษายน มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันในลักษณะใกล้เคียงกัน เดือนพฤศจิกายน และ เดือนธันวาคม มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันมากกว่าเดือนอื่น ๆ ในบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยและ ในเดือนตุลาคมมีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์มากขึ้นทางฝั่งตะวันตกแต่บริเวณฝั่งตะวันออกบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ, จังหวัดฉะเชิงเทราและ จังหวัดชลบุรีไม่เกิดการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชัน

2. การตรวจสอบผลการตรวจสอบผลของแบบจำลองโดยนำค่า River Loading ซึ่งผู้ดำเนินการแบบจำลองพยายามปรับแก้ให้ได้ผลใกล้เคียงกับผลของ AQUA MODIS Sensor มาเปรียบเทียบกับข้อมูล Dissolved Inorganic Nitrogen ของโครงการ Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) Biochemical Modeling Node ซึ่งได้ค่าความสัมพันธ์ดังนี้

2.1 ค่า Total Nitrogen (mg-N/s) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแต่ละเดือนเรียงลำดับได้ดังนี้ เดือนมิถุนายน, เดือนกันยายน, เดือนสิงหาคม, เดือนกรกฎาคม, เดือนตุลาคม, เดือนพฤษภาคม, เดือนพฤศจิกายน มีค่า Total Nitrogen (mg-N/s) มากที่สุดรองลงมาก็คือ เดือนธันวาคมและเดือนมกราคมมีปริมาณ Total Nitrogen (mg-N/s) เท่ากัน, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายนและ เดือนที่มีปริมาณ Total Nitrogen (mg-N/s) น้อยที่สุดคือเดือนมีนาคม

2.2 ข้อมูล Dissolved Inorganic Nitrogen ของโครงการ Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) Biochemical Modeling Node เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าแม่น้ำท่าจีนมีปริมาณ Total Nitrogen (mg-N/s) สูงที่สุดรองลงมาก็คือแม่น้ำบางปะกง, แม่น้ำเจ้าพระยาและ แม่น้ำแม่กลองมีปริมาณ Total Nitrogen (mg-N/s) น้อยที่สุดเหมือนกัน แต่จะพบว่าค่าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะมีค่าสูงกว่าค่า Total Nitrogen (mg-N/s) ของ LOICZ แต่ละลุ่มน้ำประมาณ 2 เท่าเหมือนกันทุกลุ่มน้ำ

3. จากการศึกษาการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาเดียวกันเป็นรายเดือนทั้ง 12 เดือน พร้อมทั้งค่า River Loading ในแต่ละเดือนสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

3.1 ค่า River Loading เรียงลำดับจากเดือนที่มีค่ามากที่สุดไปยังเดือนที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนี้ เดือนมิถุนายน, เดือนกันยายน, เดือนสิงหาคม, เดือนกรกฎาคม, เดือนตุลาคม, เดือนพฤษภาคม เดือนพฤศจิกายน, เดือนธันวาคมและ เดือนมกราคมเท่ากัน ส่วนเดือนกุมภาพันธ์, เดือนเมษายนและ เดือนมีนาคมมีปริมาณน้อยที่สุด

3.2 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ ภาพที่ปรากฏแสดงลำดับการแพร่กระจายจากมากไปน้อยดังนี้ เดือนมิถุนายนมีการแพร่กระจายสูงที่สุด รองลงมาคือ เดือนกันยายน, เดือนกรกฎาคม, เดือนสิงหาคม, เดือนพฤษภาคม, เดือนมีนาคม, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนพฤศจิกายน, เดือนมกราคม, เดือนเมษายนและ เดือนตุลาคม ส่วนเดือนที่แสดงการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ น้อยที่สุดคือเดือนธันวาคม

3.3 เปรียบเทียบค่าของ River Loading ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับภาพ การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์มีความสอดคล้องกันคือเดือนมิถุนายนมีปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์สูงที่สุด แต่มีความแตกต่างกันคือปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ต่ำสุดคือ เดือนมีนาคมมีค่า River Loading ต่ำที่สุดไม่ตรงกับภาพการแพร่กระจายเดือนธันวาคมที่น้อยที่สุด

4. ตัวอย่างของการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจากดาวเทียม AQUA MODIS รายเดือนในปี พ.ศ. 2547 เมื่อประมาณการทางสายตาจะเห็นว่า ไม่มีความสอดคล้องกันและ การแพร่กระจายไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS จะมีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันสูงที่สุดเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังนี้ เดือนกันยายน, เดือนสิงหาคม, เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม, ส่วนเดือนมกราคม, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนมีนาคมและ เดือนเมษายน มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันใกล้เคียงกัน เดือนพฤศจิกายนและ เดือนธันวาคม มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันมากกว่าเดือนอื่น ๆ ในบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยและ ในเดือนตุลาคมมีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์มากขึ้นทางฝั่งตะวันตกแต่บริเวณฝั่งตะวันออกและ บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ, จังหวัดฉะเชิงเทราและ จังหวัดชลบุรีไม่เกิดการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชัน

4.2 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแต่ละเดือน ประมาณการทางสายตาจะเห็นได้ว่าเดือนที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันที่ปรากฏเด่นชัดที่สุดคือเดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม, เดือนกันยายน, เดือนพฤษภาคมและ เดือนสิงหาคม ส่วนเดือนเมษายน, เดือนตุลาคมและ เดือนธันวาคม มีปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์

ในสภาวะยูโทรฟิเคชันน้อยที่สุดและ ส่วนใหญ่แล้วการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เกือบทุกเดือน การแพร่กระจายยังไม่มากเกินบริเวณอ่าวไทยรูปตัว ก

5. จากการศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของ River Loading 10 เท่า (10X) กับการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปกติ (1X) เป็นรายเดือนสามารถสรุปผลได้คือ ทั้ง 12 เดือนมีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเพียงแต่มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแตกต่างกันซึ่งเดือนที่มีการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันเห็นได้ชัดเจนที่สุดคือเดือนสิงหาคม รองลงมาคือเดือนกันยายน ส่วนเดือนที่มีการเพิ่มขึ้นของการแพร่กระจายคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันต่ำที่สุดคือ เดือนมกราคม โดยรวมแล้วกล่าวได้ว่าเกิดการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันสูงขึ้นทั่วทั้งอ่าวไทยโดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยแถบจังหวัดชลบุรี และ มีการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ในระดับ $0.2\text{--}2\text{ mg/m}^3$ (Highly Productive) มากกว่าในสถานการณ์ปกติอย่างเห็นได้ ชัดเจนคือมีเพิ่มมากขึ้นจนเลยบริเวณอ่าวไทยรูปตัว ก ไปทางด้านฝั่งตะวันออกแถบจังหวัดระยอง

อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบเป็นระยะเวลา 1 ปี คือในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 สามารถแยกประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS จะสังเกตเห็นว่าเดือนที่มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันสูงที่สุดบริเวณอ่าวไทยตอนในเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดได้ดังนี้ เดือนกันยายน, เดือนสิงหาคม, เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม ส่วน เดือนมกราคม, เดือนกุมภาพันธ์, เดือนมีนาคมและ เดือนเมษายน มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันในลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งกล่าวได้ว่าในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ฤดูฝน) เกิดการชะล้างของสารอาหารที่มีธาตุอินทรีย์สารเป็นส่วนประกอบลงสู่แหล่งน้ำซึ่งเป็นแหล่งอาหารแหล่งใหญ่ของแพลงก์ตอนพืชทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วผิดปกติเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำเปลี่ยนสีได้จึงเห็นการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS ได้ชัดเจนและ มากกว่าในเดือนอื่น ๆ ส่วนในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ฤดูแล้ง) ทำให้การชะล้างของสารอาหารเป็นไปได้น้อยแพลงก์ตอนพืชจึงไม่เกิดการเจริญเติบโตอย่าง

ผิดปกติจึงเห็นการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ได้น้อยกว่าในเดือนอื่น ๆ ส่วนในเดือนพฤศจิกายน และ เดือนธันวาคม มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชันมากกว่าเดือนอื่น ๆ ในบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย อาจเป็นเพราะว่ามีการชะล้างของสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำบริเวณ แม่น้ำแม่กลองและ แม่น้ำเจ้าพระยา มากผิดปกติทำให้เห็นการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากดาวเทียม AQUA MODIS ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ข้อมูล Dissolved Inorganic Nitrogen ของโครงการ Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ) Biochemical Modeling Node เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าค่าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะมีค่าสูงกว่าค่า Total Nitrogen (mg-N/s) ของ LOICZ แต่ละลุ่มน้ำประมาณ 2 เท่าเหมือนกันทุกลุ่มน้ำยกเว้นแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน อาจกล่าวได้ว่าข้อจำกัดของสมการตั้งต้นยังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควรทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าแตกต่างกันในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการวิเคราะห์ข้อจำกัดของสมการตั้งต้นเพื่อได้ค่าผลลัพธ์ที่ดีมากยิ่งขึ้น

3. ช่วงเดือนที่มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ปรากฏชัดเจนในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือเดือนมิถุนายน รองลงมาคือเดือนกันยายนและ เดือนสิงหาคม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุรจิต ชีรเวทย์ (2549) ที่ว่าอ่าวไทยตอนบนมีตะกอนเป็นดินดอนชายฝั่งมากมาย ทำให้บริเวณอ่าวไทยตอนบนทั้งหมดมีลักษณะเป็นทะเลตื้นมีสีน้ำขุ่นขึ้นเหมือนสีน้ำในคลองที่เต็มไปด้วยสารอาหารตั้งต้น (จุลินทรีย์) ที่ให้กำเนิดห่วงโซ่อาหารช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายนของทุกปีเป็นฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นฤดูฝน บริเวณอ่าวไทยตอนบนจะเกิดตะกอนบูยธรรมชาติทำให้เกิดภาวะสมบูรณ์ถึงขีดสุดและการศึกษาของ สุวรรณ มาภู (2546) กล่าวคือ ปริมาณของคลอโรฟิลล์พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยจะพบปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์สูงใน ฤดูฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนมิถุนายนและ จะพบปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ต่ำสุดในฤดูแล้ง ซึ่งจากการทำวิจัยนั้นส่วนใหญ่จะมีการกำหนดค่าของเดือนต่าง ๆ เป็นตัวแทนของฤดูกาล ดังเช่น ระบบนิเวศน้ำกร่อย (2548) ทำการสำรวจสัตว์น้ำขนาดเล็กโดยกำหนดให้เดือนกุมภาพันธ์และเดือนเมษายน 2547 เป็นตัวแทนของฤดูแล้ง เดือนกันยายนและ เดือนมิถุนายน 2547 เป็นตัวแทนฤดูฝน สอดคล้องกับการวิจัยของ สุจิรา มะลิ (2546) ลักษณะของแม่น้ำจะมีปริมาณน้ำมากในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งจะเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งจะมีปริมาณน้ำโดยรวมประมาณร้อยละ 80-90 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในรอบปีและ จากการศึกษาระหว่างเดือนที่มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ต่ำสุดในแบบจำลองคือเดือนธันวาคม ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ กัญญา มั่งมีดี (2546) ว่าเมื่อพิจารณาตามฤดูกาลพบว่าในฤดูฝนมีปริมาณรวม

ของไนโตรเจนที่สูงกว่าในฤดูแล้ง ปริมาณไนโตรเจนรวมที่ศึกษา มีค่าสูงที่สุดในเดือนมิถุนายน และ มีค่าไนโตรเจนรวมต่ำที่สุดในเดือนธันวาคม โดยการศึกษาครั้งนี้ ผลที่ได้มีความแตกต่างจากงานวิจัยของรุ่งทิพย์ โพธิ์เสริมฐิติ (2543) ว่าในฤดูฝนบริเวณปากแม่น้ำจะมีปริมาณการละลายของออกซิเจนต่ำเนื่องจากการชะล้างและ พัดพาเอาสารอินทรีย์มาเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะจะเกิดการแพร่ของสารอินทรีย์มากที่สุดในเดือนสิงหาคม และ การแพร่ลดต่ำลงในเดือนมกราคม ซึ่งผลการวิจัยที่ได้นั้นแตกต่างกันคือการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์โดยใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น เดือนสิงหาคมยังมีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์น้อยกว่าเดือนมิถุนายน และ เดือนธันวาคมก็มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าเดือนมกราคม แต่อาจกล่าวได้ตั้งการศึกษาของ รติวรรณ และคณะ (2543) ว่าการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์สูงจะอยู่ในช่วงฤดูฝนคือช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และ การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จะต่ำในช่วงฤดูแล้งคือช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน เมื่อเราพิจารณาภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในเดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม, เดือนสิงหาคมและ เดือนกันยายน ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ฤดูฝน) จะพบว่ามี การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เด่นชัดที่สุดและมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในช่วง มากกว่า 2 mg/m^3 มากที่สุดอยู่บริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประยูร สุตรระกูล (2536) กล่าวว่าการศึกษาการชะล้างแร่ธาตุจากผิวน้ำดินลงสู่ทะเลทำให้น้ำทะเลเต็มไปด้วย แร่ธาตุทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอน (Bloom) เช่นบริเวณปากแม่น้ำเมื่อเกิดฝนตกหนักทำให้น้ำจืดลงไปในทะเลจนความเค็มลดต่ำลง ทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนและ งานวิจัยของ ภูติ ภูติเกียรติขจร (2541) ที่กล่าวว่าอ่าวไทยตอนบนอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้อ่าวไทยเกิดน้ำไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกาแต่บริเวณอ่าวไทยตอนในเกิดการไหลแบบทวนเข็มนาฬิกาซึ่งเมื่อเราพิจารณาจากภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองแล้วพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์จะไปรวมตัวกันอยู่ทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย สอดคล้องกับการไหลพัดพาตะกอนสารอาหารของน้ำซึ่งไหลทวนเข็มนาฬิกามาปะทะกับกระแสน้ำของอ่าวไทยที่ไหลตามเข็มนาฬิกาทำให้การพัดพาตะกอนหยุดชะงักและ เกิดการจมตัวของตะกอนทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ อภิสรสุตา ศิริพงษ์, ชุนจิ มัทสุโอกะ และริวจิ มัทสุโอกะ (2527) ที่ว่ากระแสน้ำในอ่าวไทยใช้ข้อมูลกระแสน้ำวัดโดย GEK (Geo Magnetic Electro Kinetograph) การล่องลอยของวัตถุ ที่ผิวน้ำน้ำระบุมวลมรสุมตะวันตกเฉียงใต้การไหลเวียนที่ผิวน้ำในอ่าวไทยตอนบนเป็นแบบทวนเข็มนาฬิกาด้วยความเร็ว 0.1 น็อต และ จะไหลตามเข็มนาฬิกาบริเวณปากอ่าวไทยอีกและ ระบุว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ฤดูแล้ง) การไหลเวียนที่ผิวน้ำในอ่าวไทยตอนบนเป็นแบบตามเข็มนาฬิกาด้วย

ความเร็ว 0.1 น็อต และ จะไหลทวนเข็มนาฬิกาบริเวณปากอ่าวไทยด้วยความเร็ว 0.3 น็อต สอดคล้องกับภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองในเดือนพฤศจิกายน, เดือนธันวาคม, เดือนมกราคม, เดือนกุมภาพันธ์และ เดือนเมษายนที่ว่าปริมาณคลอโรฟิลล์จะไปรวมตัวกันอยู่ทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยสอดคล้องกับการไหลพัดพาตะกอนสารอาหารของน้ำซึ่งไหลตามเข็มนาฬิกามาปะทะกับกระแสน้ำที่มีความแรงกว่าของอ่าวไทยที่ไหลทวนเข็มนาฬิกาทำให้ การพัดพาตะกอนหยุดชะงักและ เกิดการจมตัวของตะกอนทางฝั่งตะวันตกของอ่าวตอนใน จากผลการศึกษาจากแบบจำลองโดยรวมกล่าวได้ว่าการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในช่วงมากกว่า 2 mg/m^3 มีปรากฏชัดในทุกเดือนสอดคล้องกับ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2546) ที่ว่าการไหลเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าของอ่าวไทยตามฤดูกาลจากดาวเทียม SeaWiFS⁸ (Sea-Viewing Wide Field-of View Sensor) เพื่อดูการแปรผันของคลอโรฟิลล์ เอ แม้ว่าจะมีเมฆปกคลุมบ้างในบางภาพ บริเวณที่มีคลอโรฟิลล์สูงอ่าวไทยตอนในซึ่งมีแม่น้ำใหญ่ 4 สาย บริเวณใกล้ฝั่งสามารถเห็นคลอโรฟิลล์ได้อย่างชัดเจน อิทธิพลจากแม่น้ำสายใหญ่ก็มีมากโดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำในฤดูน้ำหลาก จากการศึกษาพบว่าบริเวณอ่าวไทยตอนในมีคลอโรฟิลล์สูงค่อนข้างถาวรตลอดปีเนื่องจากมีแม่น้ำสายใหญ่ไหลลงมาพร้อมกับนำพาธาตุอาหารจากแผ่นดินลงสู่ทะเล

4. จากการศึกษาภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายจากดาวเทียมดวงอื่น ๆ (บทที่2) ที่แสดงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในมีดังนี้

4.1 ผลการศึกษามีความคล้ายคลึงกับภาพถ่ายจากดาวเทียม ADEOS 1 ระบบ OCTS ปี พ.ศ. 2539 – 2540 ที่ว่าเดือนมกราคมและ เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าในเดือนมีนาคมและ เดือนพฤษภาคม

4.2 ผลการศึกษามีความคล้ายคลึงกับภาพถ่ายจากดาวเทียม TERRA MODIS ปี พ.ศ. 2546 ที่ว่าเดือนตุลาคมมีปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์สูงกว่าเดือนธันวาคม

4.3 ผลการศึกษากับภาพถ่ายจากดาวเทียม SeaWiFS ในปี พ.ศ 2547 เดือนที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏเด่นชัดที่สุดคือเดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม, เดือนกันยายน, เดือนพฤษภาคมและ เดือนสิงหาคม ส่วนเดือนเมษายน, เดือนตุลาคม และ เดือนธันวาคม มีปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์น้อยที่สุดในส่วนของภาพจากดาวเทียม SeaWiFS เดือนที่สามารถมองเห็นการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์มากที่สุดคือเดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม, เดือนกันยายนและ เดือนสิงหาคม ส่วนเดือนพฤษภาคม, เดือนเมษายน, เดือนตุลาคม, เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคมสามารถมองเห็นการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ได้

คล้ายคลึงกันซึ่งภาพถ่ายจากดาวเทียม SeaWiFS ภาพจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คล้ายคลึงกันที่การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณอ่าวไทยตอนในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน

5. ตัวอย่างของแผนภาพการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจากดาวเทียม AQUA MODIS รายเดือนในปี พ.ศ. 2547 ไม่มีความใกล้เคียงกันอาจเนื่องมาจากเหตุปัจจัยเหล่านี้

5.1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม AQUA MODIS ที่มีการนำเข้าข้อมูลในรูปแบบ HDF (The Hierarchical Data format) ยังเป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดภาพ (Resolution) เพียง 9 กิโลเมตร ซึ่งไม่ดีเพียงพอ (มีความหยาบ) สำหรับการดูการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในพื้นที่เล็ก ๆ จึงทำให้เราไม่สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงหรือระดับของการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ได้สมบูรณ์นัก อีกทั้งในกระบวนการแปลงข้อมูลจากดาวเทียม AQUA MODIS เพื่อออกมาเป็นภาพของการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์อาจใช้วิธีวิเคราะห์ที่ยังไม่เหมาะสมกับข้อมูลในชุดนี้

5.2 กระบวนการประมวลผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีข้อจำกัดของแบบจำลองในเรื่องของการไหลกระแสที่คำนึงถึงความสำคัญของการไหลในแนวระนาบมากกว่าในแนวตั้ง รวมทั้งการผสมตัวกันของน้ำซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่สมควรจะนำมาพิจารณาในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยเช่นระดับความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ และ ระดับความเค็ม เป็นต้น

6. จากการศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของ River Loading 10 เท่า (10X) กับการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์จากแบบจำลองในสถานการณ์ปกติ (1X) เป็นรายเดือนพบว่าเดือนที่มีการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือเดือนสิงหาคม รองลงมาคือเดือนกันยายน ส่วนเดือนที่มีการเพิ่มขึ้นของการแพร่กระจายคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุดคือ เดือนมกราคม ผลการศึกษาที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกับงานวิจัยของ รุ่งทิพย์ โพธิ์เสริมฐิ (2543) ที่ว่าในฤดูฝนบริเวณปากแม่น้ำจะมีปริมาณการละลายของออกซิเจนต่ำเนื่องจากการชะล้างและ พัดพาเอาสารอินทรีย์มาเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะจะเกิดการแพร่ของสารอินทรีย์มากที่สุดใน เดือนสิงหาคม และ การแพร่ลดต่ำลงในเดือนมกราคม ซึ่งจากการจำลองสถานการณ์อาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหาร (River Loading) 10 เท่า (10X) มีอิทธิพลให้เกิดการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์สูงขึ้นทั่วทั้งอ่าวไทยโดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยแถบจังหวัดชลบุรี ดังนั้นทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าหากมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอาจเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบออกมาถึงนอกบริเวณอ่าวไทยรูปตัว ก เลยไปถึงแถบ

จังหวัดระยองและจันทบุรีได้ ดังคำกล่าวของ ชลธยา ทรงรูป (2546) ว่าการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช (Bloom) ทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี อีกทั้งทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดต่ำลงและ เกิดสารขับหลังที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่น แอมโมเนีย ดังนั้นเราควรวางแผนทางในการป้องกันปัญหามลพิษจากแผ่นดิน (Land-Based Pollution) ที่จะเพิ่มจำนวนขึ้นในอนาคต

7. จากการศึกษการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบเป็นระยะเวลา 1 ปี คือในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการตัดสินใจของผู้ประกอบการประมงบริเวณอ่าวไทยตอนในได้ว่าช่วงเวลาใดที่เหมาะสมแก่การประกอบการ กล่าวคือช่วงเดือนที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงนั้นมักจะมี ความแปรผันตรงกับปริมาณของสัตว์น้ำด้วยแต่มีข้อยกเว้นว่าในเดือนที่มีปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ในสภาวะยูโทรฟิเคชัน หรือในช่วงที่เกิดแพลงก์ตอนบลูม (Plankton Bloom) เป็นช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสมแก่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งเพราะถือว่าอยู่ในภาวะที่เป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำ ดังงานวิจัยของ ชัยชาญ สิทธิวรนนท์ (2546) ศึกษาถึงความผันแปรของคลอโรฟิลล์ เอในอ่าวไทยโดยใช้ข้อมูล ADEOS/OCTS พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ เอ กับลมมรสุมเกี่ยวข้องกับช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า จะมีปริมาณสารอาหารมากที่เกิดขึ้นในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการประมวลผลสร้างสภาพที่เลียนแบบปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นในการนำผลที่ได้ไปใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ใด ๆ ควรจะมีการสำรวจและ เก็บข้อมูลในภาคสนามในพื้นที่เดียวกันและ ในช่วงเวลาเดียวกันหรือทำการศึกษาวิจัยโดยวิธีอื่นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง เพื่อได้ทราบข้อมูลที่มีความถูกต้องและ นำเชื่อถือมากยิ่งขึ้นและ นำข้อมูลจากภาคสนามมาเปรียบเทียบแก้ไขเพื่อปรับแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีความแม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในบริเวณพื้นที่ศึกษาังไม่มีผู้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลมากนัก

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีข้อจำกัดเบื้องต้นในเรื่องของกระแสน้ำเพราะคำนึงถึงการไหลของกระแสน้ำในแนวระนาบเท่านั้นซึ่งในการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์นั้นการผสมกัน

ของมวลน้ำก็มีส่วนสำคัญกับปริมาณการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ด้วย ดังนั้นจึงควรมีการเพิ่มปัจจัยการไหลในแนวดิ่งและ การผสมตัวของน้ำเข้าไปในการประมวลผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยเพื่อให้การประมวลผลมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควรมีการนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต (การเพิ่มและ การลดลง) ของแพลงก์ตอนพืช เช่น อุณหภูมิของน้ำทะเล ความเข้มของแสง ระดับความเป็นกรด่าง และ ระดับความเค็มมาใช้ร่วมกับการประมวลผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วย เพื่อให้การประมวลผลมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

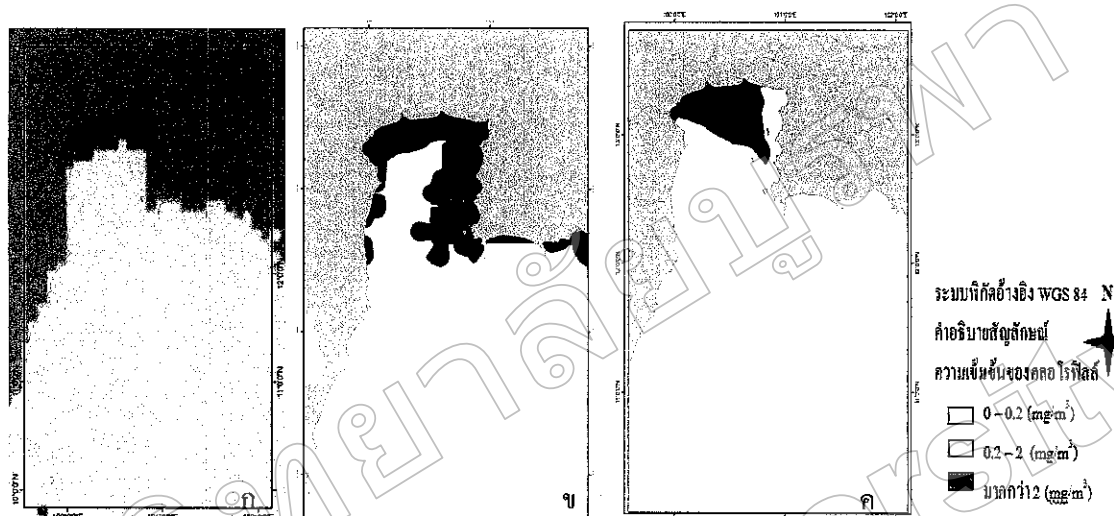
4. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบในระยะเวลาหลายปีด้วย เพื่อทราบความชัดเจนยิ่งขึ้นของแนวโน้มการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์

5. ควรขยายพื้นที่ในการศึกษาเพิ่มมากขึ้นเพื่อสามารถเปรียบเทียบความถูกต้อง และ แม่นยำของแบบจำลองได้ดียิ่งขึ้น

6. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลจากดาวเทียมดวงอื่น ๆ ที่มีรายละเอียดของภาพสูงร่วมด้วยเพื่อเห็นความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ได้อย่างชัดเจนและทราบถึงระดับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์แก่การเฝ้าระวัง เช่น ดาวเทียม SeaWiFS และ ดาวเทียม ADEOS เป็นต้น พร้อมทั้งทราบความเหมาะสมของแบบจำลองว่าเหมาะสมกับการใช้งานกับดาวเทียมดวงใดมากที่สุด

7. เพื่อเป็นการสนับสนุนข้อเสนอแนะจากคณะที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ผู้ศึกษาได้ทำการทดสอบเพื่อขยายผลโดยใช้ข้อมูลชุดที่มี รายละเอียดภาพ (Resolution) 4 กิโลเมตร แต่เนื่องด้วยข้อมูลที่ไม่มีรายละเอียดสูงขึ้นเท่าตัว และมีปริมาณข้อมูลเป็น 4 เท่า ของข้อมูลชุดเดิมที่ใช้ ประกอบกับมีข้อจำกัดเรื่องของเวลาที่ต้องใช้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเป็นกรณีตัวอย่าง โดยใช้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์) และ ฤดูฝน (เดือนกันยายน) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจ จะทำการศึกษาทั้งปีในระดับความละเอียดของภาพเช่นนี้ ซึ่งผลการศึกษากกรณีตัวอย่างนี้นำเสนอไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

7.1 เปรียบเทียบผลที่ได้จากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 4, 9 กิโลเมตร และ ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูแล้ง)



ภาพที่ 5-1 แสดงการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เดือนกุมภาพันธ์จากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตร (ก), 4 กิโลเมตร (ข) และ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ค)

จากภาพที่ 5-1 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เดือนกันยายนเมื่อเปรียบเทียบภาพจากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตร และ 4 กิโลเมตร จะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนบริเวณฝั่งตะวันตกและ ฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยเพราะรายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตร เกิดการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์แบบ $0.2-2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ ส่วนรายละเอียดภาพ 4 กิโลเมตร มีการแพร่กระจายแบบมากกว่า $2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ เกิดขึ้นอย่างชัดเจนและ ยังมีเกิดขึ้นบางส่วนของจังหวัดระยองด้วย เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายภาพจากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตรและ 4 กิโลเมตร กับจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะเห็นว่ารายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตรกับแบบจำลองจะมีความใกล้เคียงกันทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยเพราะว่าไม่ปรากฏการแพร่กระจายแบบมากกว่า $2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ ส่วนการเปรียบเทียบรายละเอียดภาพ 4 กิโลเมตรกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะพบว่าบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยในแบบจำลองจะมีการแพร่กระจายแบบ $0.2-2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ แต่ในภาพรายละเอียด 4 กิโลเมตรเป็นการแพร่กระจายแบบมากกว่า $2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ จนถึงบางส่วนของจังหวัดระยอง จะเห็นว่าภาพจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับภาพจากดาวเทียม AQUA MODIS นั้นยังนำมาเปรียบเทียบกันได้ไม่สมบูรณ์นัก

7.2 เปรียบเทียบผลที่ได้จากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 4, 9 กิโลเมตร และ ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในเดือนกันยายน (ฤดูฝน)



ภาพที่ 5-2 แสดงการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เดือนกันยายนจากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตร (ก), 4 กิโลเมตร (ข) และ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ค)

จากภาพที่ 5-2 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เดือนกันยายนเมื่อเปรียบเทียบภาพจากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตร และ 4 กิโลเมตร จะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยรายละเอียดของภาพ 4 กิโลเมตร จะแสดงการกระจายของคลอโรฟิลล์มากกว่า $2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ เลยไปจนถึงเขตจังหวัดระยองและ ยังกินพื้นที่ออกมาจนเลยบริเวณอ่าวไทยรูปตัว ก ด้วย เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายภาพจากดาวเทียม AQUA MODIS รายละเอียดภาพ 9 กิโลเมตรและ 4 กิโลเมตร กับจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะเห็นว่ารายละเอียดภาพ 4 กิโลเมตร กับแบบจำลองมีความใกล้เคียงกันทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยที่มีการกระจายน้อยกว่า $2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ แต่มีความแตกต่างกันบริเวณจังหวัดระยองเพราะภาพจากแบบจำลองไม่มีการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์เลยส่วนภาพรายละเอียด 4 กิโลเมตรนั้นมีการแพร่กระจายอย่างชัดเจน จากการทดสอบดังกล่าวนี้กล่าวได้ว่ารายละเอียดภาพ 4 กิโลเมตรเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่สมบูรณ์เพียงพอ ดังนั้นควรมีการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมดวงอื่น ๆ ด้วยเพื่อเปรียบเทียบกันได้ดียิ่งขึ้น