หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ในรอบหนึ่งร้อยปีที่ผ่านมาจนถึงปี พ.ศ. 2542 นี้ partial pressure ของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มจาก 270 μatmเป็น 360 μatm โดยมีผลมาจากการทำลายป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้มีคาร์บอนไดออกไซด์ปนเปื้อนออกมาเป็นจำนวนมากจนเหลือตกค้างในบรรยากาศ เนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดูดซึมรังสีอินฟราเรดได้ดี ดังนั้นเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในบรรยากาศจะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนปิดกั้นการสะท้อนกลับของรังสีอินฟราเรดจากผิวโลกไม่ให้ออกไปสู่บรรยากาศได้ ส่งผลให้โลกร้อนมากขึ้นทุกๆ ปี เปรียบเสมือนกับเรือนกระจกปลูกต้นไม้ที่ปกปิดความร้อนอยู่ภายใน จึงเรียกว่าสภาวะแบบนี้ว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) โดยคาดว่าโลกจะมีปริมาณpartial pressure ของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นปีละประมาณ 1.5 μatm (Hamilton *et al.*, 1994) นับว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาวัฏจักรของคาร์บอน

การถ่ายทอดคาร์บอนจากบรรยากาศไปสู่ทะเลและมหาสมุทรนั้น จะมีกระบวนการทางชีววิทยา เคมี รวมทั้งฟิสิกส์เป็นตัวควบคุม เริ่มจากกิจกรรมที่คาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศถูกเปลี่ยนจากอนินทรีย์คาร์บอน ในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำทะเล คือกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยแพลงก์ตอนพืช ซึ่งอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสง และมีปัจจัยที่ควบคุมคือปริมาณรวมของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งความเข้มแสง การศึกษาถึงการประเมินค่าคาร์บอนอินทรีย์ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสงนั้นมีหลายวิธี เช่นวิธีประเมินค่าจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีอยู่ในแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวแทนของอัตราการสังเคราะห์แสง (Gross rate of photosynthesis) หรือวิธีวัดอัตราการหายใจของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการสังเคราะห์แสงเกิดออกซิเจนขึ้นรอบนอกเซล นอกจากนี้ยังมีวิธีเพื่อวัดอัตราการผลิตคาร์บอนอินทรีย์ที่มีปริมาณน้อยในน้ำทะเล คือวิธีเทคนิคคาร์บอน-14 ที่พัฒนาขึ้นมาโดย Steeman Nielsen เพื่อให้มีความแม่นยำและความถูกต้องสูง (Raymont, 1980) ให้เหมาะสมในการประเมินค่าในทะเลที่ซึ่งมีผลผลิตต่ำ เมื่อแพลงก์ตอนพืชในทะเลตายจะตกลงสู่พื้นทะเล เป็นการนำเอาคาร์บอนอินทรีย์มาสะสมอยู่ที่พื้นทะเล ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์ในทะเลนั้น ยังอาจมาจากการชะล้างของตะกอนจากแผ่นดินได้อีกด้วย ซึ่งปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนนี้จะขึ้นกับอัตราการตกตะกอน (Colombo *et al.*, 1996a) ดังนั้นเมื่อมีการตกตะกอนจึง

เป็นการนำปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ในรูปสารแขวนลอยในน้ำลงสู่พื้นทะเล ผ่านการย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพแล้วเหลือเป็น ผลผลิตสุทธิของคาร์บอนอินทรีย์สะสมอยู่ในตะกอน และอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนที่เหลืออยู่นี้ มักจะสัมพันธ์กันอย่างยิ่งกับผลผลิตขั้นต้นในมวลน้ำทะเล (Schluter, 1991) บริเวณพื้นทะเลชายฝั่งของไหล่ทวีป (continental shelf) มักเป็นแหล่งสะสม (sink) ของคาร์บอนอินทรีย์ เพราะลักษณะบริเวณนี้มีอัตราการตกตะกอนสูง จึงทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนของตะกอน ยิ่งส่งผลให้คาร์บอนอินทรีย์สะสมอยู่ที่พื้นตะกอนมากขึ้น (Cauwet and Mackenzie, 1993) ดังนั้นสภาพความแตกต่างการกระจายของสารอินทรีย์ที่บริเวณพื้นทะเล จะสืบเนื่องมาจากฟลักซ์และอัตราการตกตะกอนของสารอินทรีย์นั่นเอง (Colombo *et al*., 1996b) การถ่ายเทของคาร์บอนอินทรีย์จากมวลน้ำสู่พื้นตะกอนนั้น จะส่งผลไปถึงจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศที่แพร่ลงสู่ทะเลและตะกอน ซึ่งมีผลต่อระดับ partial pressure ของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเป็นรอบถึงหนึ่งพันปีทีเดียว (Hedges, 1992 cited in Hansell *et al*., 1995)

ผิวน้ำทะเลปกติจะสมดุลอย่างยิ่งยวด (supersaturated) กับ calcite และ aragonite (Kempe,1996) ซึ่งเป็นรูปแบบทั่วไป (common phases) ของแคลเซียมคาร์บอเนต ปฏิกิริยาของน้ำทะเลและแร่ประเภทคาร์บอเนตเป็นไปได้ค่อนข้างเร็ว calcite และ aragonite นี้จึงละลายน้ำทะเลได้ง่าย ในทางทฤษฎีสามารถนำ Gibb's Phase Rule มาอธิบายถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศในระดับโลก ซึ่งจะอยู่ภายใต้การควบคุมของปฏิกิริยาการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตและอลูมิโนซิลิเกท ที่ผิวรอยต่อระหว่างทะเลและตะกอน (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) เนื่องจากคาร์บอเนตเป็นรูปของคาร์บอนที่มีมากเป็นอันดับหนึ่งของน้ำทะเล (และของโลก) ดังนั้นระบบคาร์บอเนตที่สภาวะสมดุลย์ที่เปลี่ยนแปลงไป จะทำให้มีความแตกต่างของคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเลกับบรรยากาศ มีผลถึงฟลักซ์สุทธิของคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย

การถ่ายเทมวลสารคาร์บอนจากแหล่งหนึ่ง (source) ไปยังอีกแหล่งหนึ่ง (sink) จะทำให้เข้าใจถึงวัฏจักรของคาร์บอนได้แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น (Frankingnoulle *et al*., 1994) ในรอบหลายปีที่ผ่านมา จึงมีการศึกษากันอย่างมากถึงการหมุนเวียนของคาร์บอนที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่นในรูปอินทรีย์คาร์บอนผลิตผลขั้นต้นในทะเล หรืออนินทรีย์คาร์บอนในน้ำทะเล รวมทั้งกระบวนการต่างๆที่ทำให้มีการถ่ายเทปริมาณของคาร์บอน เช่นการย่อยสลาย และการตกตะกอน เพื่อการศึกษาไปถึงการเพิ่มระดับ partial pressure ของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ผลกระทบต่ออุณหภูมิ และทำนายเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาวะของโลก (Metzl, *et al*., 1991)

สถานที่ศึกษา

อ่าวไทยจัดเป็นบริเวณเขตน้ำตื้น ของทะเลจีนใต้ตั้งอยู่บนไหล่ทวีปซุนดา มีอาณาเขตชายฝั่งติดต่อกัน 4 ประเทศ คือทางเหนือและทางตะวันตกมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศไทย ทางตะวันออกเฉียงเหนือติดต่อกับประเทศไทย กัมพูชาและเวียตนาม ทางตะวันตกเฉียงใต้ติดต่อกับประเทศมาเลเซีย มีพื้นที่โดยรวมประมาณ 800×400 ตารางกิโลเมตร (Snidvongs, 1993a) โดยมีความลึกสูงสุดประมาณ 85 เมตร บริเวณปากอ่าวไทยที่ต่อเนื่องกับทะเลจีนใต้มีความกว้างประมาณ 360 กิโลเมตร (วีระวัฒน์ หงสกุล และคณะ, 2522) ลักษณะทางภูมิอากาศเป็นเขตร้อนชื้น ฝนตกชุกตลอดปี (Emery and Niino, 1963) นอกจากนี้การหมุนเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยมีรูปแบบค่อนข้างซับซ้อน อันเนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ "ในช่วงต้นปีนั้นในตอนแรก จะมีลมแรง ต่อจากนั้นจะมีลมอ่อนแปรปรวนภายในอ่าว ลักษณะของมวลน้ำทะเลบริเวณปากอ่าวจะมีกระแสน้ำที่มีความเค็มสูงและอุณหภูมิต่ำไหลมาจากทะเลจีนใต้ โดยบางส่วนไหลเลาะเข้ามาทางชายฝั่งตะวันออกและไหลวนลงใต้ทางฝั่งตะวันตก แต่ส่วนมากจะไหลผ่านอ่าวไทยตอนนอกไปสู่แหลมมลายู ต่อมาประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนนั้น จะมีลมใต้ลักษณะพัดแรงเริ่มเข้าสู่อ่าวไทยตอนบน พร้อมกับมีมวลน้ำที่มีความเค็มสูงไหลจากบริเวณแหลมมลายูเข้าสู่อ่าวไทยตอนกลาง และเมื่อถึงเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดแรงเต็มที่ จะมีลมใต้ลักษณะพัดแรงในอ่าวไทยตอนบนและเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกในในบริเวณอ่าวไทยตอนนอก ช่วงนี้เองที่มีการเกิดปรากฏการณ์ upwelling มากในบริเวณอาวไทยฝั่งตะวันตกโดยเฉพาะในบริเวณอ่าวฉวี จ.ชุมพร มวลน้ำที่มีความเค็มสูงกว่า 33.5 ppt จะพัดวนขึ้นสู่ผิวน้ำ พอถึงช่วงปลายปีนับตั้งแต่เดือนตุลาคมอันเป็นช่วงต่อเนื่องระหว่างลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีลมแปรปรวนภายในอ่าวและกระแสน้ำมีการไหลเวียนที่ซับซ้อนมีกระแสน้ำไหลเข้าอ่าวแบบทวนเข็มนาฬิกา โดยพัดแรงขึ้นเหนือตามแนวฝั่งตะวันออก และพัดอ่อนลงใต้ตามแนวฝั่งตะวันตกของอ่าว และพบปรากฏการณ์ upwelling ที่บริเวณใต้สัตหีบลงมาประมาณ 30 ไมล์" (วีระวัฒน์ หงสกุล และคณะ, 2522)

อ่าวไทยนับเป็นอ่าวที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง จากการศึกษาโดยการร่วมสำรวจระหว่างกรมประมงกับประเทศเดนมาร์กในโครงการ "The Galathea Deep Sea Expedition 1950-1952" พบว่าผลผลิตขั้นต้นในอ่าวไทยปี พ.ศ. 2494 มีค่าประมาณ 1,882 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร/วัน (วีระวัฒน์ หงสกุล และคณะ, 2522) ซึ่งนับเป็นครั้งแรกในการประเมินค่าผลผลิตขั้นต้นด้วยวิธีคาร์บอน-14ในอ่าวไทย ค่าดังกล่าวจัดว่าสูงยิ่งกว่ากำลังผลผลิตขั้นต้นบริเวณนอกฝั่งของประเทศเปรู ที่จัดเป็นแหล่งอุดมสมบูรณ์สูงแห่งหนึ่งของโลก ต่อมาอำพัน เหลือสินทรัพย์ (2528) ได้ศึกษาผลผลิตขั้นต้นในอ่าวไทยจากการประเมินค่าด้วยวิธี "Tank photosynthesis"

โดยนำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชจากน้ำทะเลที่ระดับลึกต่างๆ นำมาสังเคราะห์แสงในถัง (Incubation tank) แล้วตรวจสอบปริมาณออกซิเจนที่แพลงก์ตอนพืชคายออก เพื่อประเมินเป็นค่าประสิทธิภาพกำลังการผลิตขั้นต้น ระหว่างช่วงปี พ.ศ. 2513-2519 พบผลผลิตขั้นต้นกระจายในอ่าวไทยประมาณ 0.83-3.45 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร/วัน จากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการบันทึกว่าในอ่าวไทยที่ระดับลึก 20 เมตร พบปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นจำนวนมาก มานพ เจริญรวย (2528) ได้ศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในอ่าวไทย พบว่าตลอดชายฝั่งของอ่าวไทยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนกระจายในพื้นตะกอนตั้งแต่น้อยกว่า 0.5 จนถึง 1.5% โดยเฉพาะบริเวณตอนในของเกาะพงันพบสูงมากกว่า 1.5% ส่วนบริเวณที่มีอินทรีย์คาร์บอนน้อยกว่า 0.5% ได้แก่บริเวณชายฝั่งพัทยา หัวหินและปัตตานี นอกจากนี้ยังพบสารประกอบของเซลล์แพลงก์ตอนพืชที่ตายแล้ว (phoephytin) กระจายในบริเวณผิวหน้าตะกอนตลอดชายฝั่งทางตะวันออกของอ่าวไทย สำหรับปริมาณคาร์บอนในน้ำทะเลของอ่าวไทยนั้น Snidvongs (1993a) ได้สำรวจอ่าวไทยเฉพาะตอนบนพบว่า ปริมาณสารคาร์บอนอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ (Dissolved inorganic carbon) มีค่าประมาณ 1.7-2.16 มิลลิโมล/ลิตร และสารคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำ (Dissolved organic carbon) มีค่าประมาณ 51.66-136.13 ไมโครโมล/ลิตร

จากการศึกษาอัตราตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210 พบว่าตะกอนในอ่าวไทยจากระดับที่ลึกมากกว่า 35 เซนติเมตร นั้นเป็นตะกอนที่มีอายุในระยะเวลาก่อนปัจจุบันนี้ 68-430 ปี (Srisuksawad *et al.*, 1997) ซึ่งเป็นตะกอนที่ปราศจากการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ (antropogenic) เนื่องจากการขยายตัวอย่างไม่หยุดยั้งทางอุตสาหกรรม Yamamoto and Yada (1982) และ Yada *et al.* (1982) ได้สำรวจลักษณะตะกอนบริเวณอ่าวไทยพบว่าตะกอนส่วนมากประกอบไปด้วยอนุภาคที่เป็นสารประกอบแคลเซียม (calcareous) ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเฉลี่ยของทั้งอ่าวประมาณ 12.8% (Emery and Niino, 1963) โดยที่กลางอ่าวมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงกว่าบริเวณชายฝั่ง ระดับหน้าดินที่ลึก 2 เซนติเมตรแรกเป็นดินโคลน (clay) มีสีน้ำตาลแดง (red-brown) จากการสลายตัวของศิลาแลง (laterite) ซึ่งน่าจะถูกกระแสน้ำพัดพามาจากคาบสมุทรมาลายา (Malaya Peninsula) ส่วนบริเวณอ่าวไทยตอนบน (Upper Gulf of Thailand) ตะกอนมีสีน้ำตาล (brown silt) จากการพัดพามาจากแม่น้ำสายหลักจากภาคกลางของประเทศไทย เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา, แม่น้ำบางปะกง และ แม่น้ำแม่กลอง ซึ่งลักษณะตะกอนสีน้ำตาลนี้พบบริเวณอ่าวไทยตอนบนเท่านั้นไม่พบในบริเวณกลางอ่าวไทย ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Brown *et al.* (1951) และ Windom *et al.* (1982) รวมทั้ง Snidvongs (1993b) ได้ศึกษาตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนบนพบว่าจะอุดมไปด้วย high magnesium calcite ตะกอนบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีลักษณะหยาบกว่าตอนบน มักมีทรายปนอยู่ด้วย อัตราการตกตะกอนในอ่าวไทยตอนบน ที่ศึกษาด้วยวิธี Excess Pb-210 ปรากฏว่า

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริเวณปากอ่าวไทยมีอัตราการตกตะกอน เฉลี่ยประมาณ 0.2 กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อปี ส่วนที่ปากอ่าวไทยนั้นอัตราการตกตะกอนเฉลี่ยประมาณ 0.2 กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อปี

วัตถุประสงค์

การศึกษาถึงปริมาณของคาร์บอนในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาไปถึงการถ่ายทอดมวลสารผ่านกระบวนการต่างๆ นำไปสู่การเข้าใจถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของอ่าวไทยในสภาวะธรรมชาติที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการติดตามและพยากรณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะของอ่าวไทย จากการกระทำของมนุษย์ในระยะยาว ดังมีวัตถุประสงค์ คือ

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนในตะกอนกับผลผลิตขั้นต้น และปริมาณคาร์บอนในน้ำ
2. ศึกษาฟลักซ์สุทธิของคาร์บอนไดออกไซด์ของอ่าวไทย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาการหมุนเวียนคาร์บอนภายในอ่าวไทยนี้ จะสามารถอธิบายถึงศักยภาพของอ่าวไทยในลักษณะแหล่งจมตัว และ/หรือ แหล่งผลิตของคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับบรรยากาศ