

การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่อง การกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม

สหรัญ ยกย่อง^{1*} และศศิเทพ ปิติพรเทพิน²

¹โรงเรียนสิริรัตนาร บางนา กรุงเทพฯ 10260 และ ²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
*E-mail: Saharad.Yokyong@g.swu.ac.th

รับบทความ: 16 มกราคม 2562 แก้ไขบทความ: 8 กันยายน 2562 ยอมรับตีพิมพ์: 15 กันยายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่อง การกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม กลุ่มที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน ศิลปะ-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาประเภทสหศึกษาในกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งสิ้น 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยหาค่าเฉลี่ย ความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 92.00 มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่เพิ่มขึ้น ขณะที่นักเรียนร้อยละ 8.00 มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับคงที่ เมื่อพิจารณาแยกแต่ละองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนมีพัฒนาการมากที่สุด คือ การให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ และองค์ประกอบที่นักเรียนพัฒนาการน้อยที่สุด คือ การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล

คำสำคัญ: ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สะเต็มศึกษา วัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น
การกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม

Development of Grade–10 Students’ Argumentation Skills through Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education by 6E Learning Cycle in Topic of Mission of Environmental Conservation

Saharad Yokyong^{1*} and Sasithev Pitipornatapin²

¹Sirirattanathorn School, Bangna, Bangkok 10260, Thailand; ²Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok, Bangkok 10900, Thailand
*E-mail: Saharad.Yokyong@g.swu.ac.th

Received: 16 January 2019 Revised: 8 September 2019 Accepted: 15 September 2019

Abstract

The purpose of this research was to develop grade–10 students’ scientific argumentation skills through Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education by 6E learning cycle in Mission of Environmental Conservation. The participants were 25 grade–10 students of Art–Mathematics programme in a secondary school in Bangkok. The research instruments were the scientific argumentation skills test that consisted of 4 components which were claim and warrant, evidence, counter argument, supportive argument and informative interviews. The quantitative data were analyzed by means, frequencies and percentages, as well as the qualitative data were analyzed by content analysis. The findings showed that 92.00 percent of students had increased their scientific argumentation skills, and 8.00 percent of them had stable development of their skills. The researchers also found that the scientific argumentation skill components that students developed most were supportive argument, and the components that students developed least were claim and warrant.

Keywords: Scientific argumentation skills, STEM education, 6E learning cycle, Mission of environmental conservation

บทนำ

นโยบายของรัฐบาลปัจจุบันต้องการเปลี่ยนเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ให้เข้าสู่ยุคประเทศไทย 4.0 (The Se-

cretariat of the House of Representatives, 2016) โดยพัฒนาประเทศให้มีรายได้มากขึ้น และก้าวพ้นจากกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลางโดยผลิตนวัตกรรมเพื่อเป็นฐานในการพัฒนาประเทศ

(Duangpummes and Kaewurai, 2017) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการคิดค้นนวัตกรรม อีกทั้งแรงงานไทยยังขาดความรู้ ความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี ทักษะด้านภาษา หากแรงงานไทยยังไม่ได้รับการเตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงย่อมไม่สามารถอยู่รอดหรือแข่งขันได้ในโลกยุคใหม่ได้อย่างแน่นอน (Roongsangjun, 2018) ดังนั้นภาคการศึกษาจึงเป็นส่วนสำคัญในการเตรียมความพร้อมของบุคลากรและแรงงานไทยให้เป็นผู้มีทักษะจำเป็นสำหรับการรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและสังคมในอนาคต

ทักษะการโต้แย้งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากในปัจจุบันมีประเด็นปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจไม่ตรงกัน ไม่สามารถหาข้อสรุปของปัญหาที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบันเป็นจำนวนมาก อีกทั้งในกระบวนการออกแบบและสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในประเด็นที่อยู่ภายใต้บริบทวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสังคม จำเป็นต้องอาศัยทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (science and engineering practices) (National Research Council [NRC],2012) ทักษะการโต้แย้งยังช่วยในการตัดสินใจ การใช้เหตุผล และการโน้มน้าวใจ ผ่านการสร้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ ที่น่าเชื่อถือ เพื่อหาข้อสรุปของประเด็นเหล่านั้น (Jimenez-Aleixandre and Erduran 2007) ด้วยเหตุนี้นักการศึกษาจึงนำทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 1) การระบุข้อกล่าว (claim and warrant) 2) การใช้หลักฐาน (evidence) 3) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (supportive argument) และ 4) การ

ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (counter argument) (Lin and Mintzes, 2010)

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนของผู้วิจัยซึ่งได้รับมอบหมายให้จัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยห้องเรียนที่เลือกมาดำเนินการวิจัยเป็นนักเรียนแผนการเรียนศิลปะ-คณิตศาสตร์จำนวน 25 คน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหา 2 ประเด็นดังนี้ 1) การขาดเหตุผลประกอบการแสดงความคิดเห็น ดังที่พบได้จากการจัดการเรียนรู้เรื่องการลำเลียงสารเข้าออกเซลล์ เมื่อผู้วิจัยถามนักเรียนว่าโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เปรียบเสมือนอาชีพอะไร และเพราะอะไร พบว่านักเรียนร้อยละ 80 ของห้องเรียน ตอบคำถามดังกล่าวว่า ตำรวจและยามรักษาความปลอดภัย แต่ขาดการให้เหตุผลประกอบ อีกทั้งเมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองการลำเลียงสารของเซลล์ที่สร้างจากดินน้ำมันแล้วให้นักเรียนแต่ละคนเลือกแบบจำลองการลำเลียงสารของกลุ่มที่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์มากที่สุด พบว่า นักเรียนร้อยละ 80 ของห้องเรียนเลือกแบบจำลองการลำเลียงสารของเซลล์โดยไม่ให้เหตุผลประกอบเช่นกัน และ 2) การใช้อารมณ์ในการให้เหตุผลหรือการแสดงความคิดเห็น ดังที่พบได้จากการจัดการเรียนรู้เรื่องการพันธุกรรมและวิวัฒนาการ ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการโต้แย้งในห้องเรียนเกี่ยวกับในหัวข้อประเทศไทยควรสนับสนุนหรือคัดค้านสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม GMOs พบว่านักเรียนร้อยละ 80 ของห้องเรียน มักใช้อารมณ์และมีพฤติกรรมเสียงดัง แสดงท่าทางก้าวร้าวในการโต้แย้ง เพื่อสนับสนุนความคิดของตนเอง

สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็น

แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ (science) เทคโนโลยี (technology) วิศวกรรม (engineering) และคณิตศาสตร์ (mathematics) เข้าด้วยกัน (NRC, 2012) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2014) นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดให้เป็นเป้าหมายการจัดการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน (Ministry of Education, 2016)

จากการศึกษาเอกสารผลการวิจัยของ Pornsurat *et al.* (2018) พบว่า นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยบทเรียนสะเต็มศึกษาแบบวิธีการแบบเปิด (open approach) สามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งได้ และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Cavlazoglu and Stuessy (2018) พบว่า ครูวิทยาศาสตร์ที่เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM education) เรื่อง วิศวกรรมแผ่นดินไหว (earth quake engineering) สามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งได้อย่างมีความหมาย

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นเป็นรูปแบบหนึ่งของแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ได้พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E learning cycle) (Bybee, 1997) โดยบูรณาการขั้นวิศวกรรม (engineer) และขั้นปรับปรุง (enrich) เข้าไปทดแทนขั้นขยายความรู้ (elaboration) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีทักษะในการออกแบบและแก้ปัญหาตาม

สภาพจริงโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) (Burke, 2014) ซึ่งการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย เพราะผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งที่เรียนกับเหตุการณ์ในชีวิตจริง (Janhorm and Ketsing, 2018) เมื่อพิจารณาขั้นการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น จะเห็นได้ว่า ครูสามารถส่งเสริมทักษะการโต้แย้งซึ่งเป็นทักษะหนึ่งของการสื่อสารที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในหลายขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เช่น ขั้นวิศวกรรม ผู้เรียนฝึกการสื่อสารในการนำเสนอแนวคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ และฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาหาข้อดีเพื่อนเลือกแนวคิดของตนเองที่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ โดยระหว่างที่โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้ฝึกการตัดสินใจเลือกใช้เหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนความคิดของตนเองหรือคัดค้านความคิดของผู้อื่น

ผู้วิจัยจึงนำข่าวที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เรื่อง น้ำมันดิบรั่วไหลลงสู่ทะเลบริเวณอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จังหวัดระยอง มาเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ทำทนายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ในประเด็นที่ว่า “นวัตกรรมของกลุ่มใดที่มีประสิทธิภาพกำจัดคราบน้ำมันดิบได้ดีที่สุด เพราะอะไร” และสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น เรื่อง ภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม

ล้อม สามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้หรือไม่ อย่างไร

นิยามศัพท์เฉพาะ

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ วัดได้จากแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (science) เทคโนโลยี (technology) วิศวกรรม (engineering) และคณิตศาสตร์ (mathematics) เข้าด้วยกัน เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นประเด็นที่กำลังถกเถียงในสังคมเกี่ยวข้องกับแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์และสนทนา อภิปรายและถกเถียงกันเกี่ยวกับประเด็นเหล่านั้น ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้วิจัยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น ตามกรอบแนวคิดของ Burk (2014) โดยปรับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบดังกล่าวให้เข้ากับบริบทของห้องวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) *ชั้นสร้างความสนใจ (engage)* หมายถึง ชั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันที่เป็นประเด็นถกเถียงในสังคมเกี่ยวข้องกับแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี มุ่งให้ผู้เรียนเกิดคำถามที่จะนำไปสู่การออกแบบและสร้างนวัตกรรมขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

(2) *ชั้นสำรวจตรวจสอบ (explore)* หมายถึง ชั้นที่ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือสืบเสาะหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ดังกล่าว โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก แนะนำแหล่งข้อมูลสำหรับการสืบค้นที่มีคุณภาพ

(3) *ชั้นอธิบาย (explain)* หมายถึง ชั้นที่ผู้เรียนอธิบายและสื่อสารสิ่งที่ได้ค้นพบหรือเรียนรู้ในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยครูช่วยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนอยู่เสมอ

(4) *ชั้นวิศวกรรม (engineer)* หมายถึง ชั้นที่ผู้เรียนออกแบบร่างนวัตกรรมโดยใช้โปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ (Tinkercad) และสร้างนวัตกรรมโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดภายใต้บริบทที่เป็นเงื่อนไข เมื่อสร้างนวัตกรรมเสร็จแล้ว ผู้เรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียนในรูปแบบกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์ยืนยันความถูกต้องของความคิด และรับข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแบบนวัตกรรมให้ดียิ่งขึ้น

(5) *ชั้นปรับปรุง (enrich)* หมายถึง ชั้นที่ผู้เรียนนำนวัตกรรมมาทดสอบประสิทธิภาพภายใต้บริบทจำลองที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง และประเมินผลการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นไว้

(6) *ชั้นประเมินผล (evaluate)* หมายถึง ชั้นที่ครูประเมินการทำงานของผู้เรียนตลอด

ทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ สัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ และตรวจใบกิจกรรมและชิ้นงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นวิจัยในชั้นเรียน (class room research) เก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อตอบคำถามว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่อง การกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม สามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน ศิลปะ-คณิตศาสตร์ ได้หรือไม่ อย่างไร

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ได้จากการเลือกห้องที่ผู้วิจัยรับผิดชอบจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ แบบเจาะจง (purposive selection) โดยมีเกณฑ์การเลือกดังนี้ เป็นนักเรียนแผนการเรียนศิลปะ-คณิตศาสตร์ 1 ห้องเรียน จำนวน 25 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 13 คน กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตในสิ่งแวดล้อม มีเนื้อหา ได้แก่ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร สาเหตุและผลกระทบของปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรธรรมชาติ และแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประ-

เภท ได้แก่

(1) เครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรม คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของ Linz and Mintzes (2010) ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น จำนวน 9 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยบูรณาการเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตในสิ่งแวดล้อม เป็นเนื้อเรื่องเดียวกันเพื่อให้นักเรียนแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับปัญหาน้ำมันดิบรั่วไหลลงสู่ทะเล อ่าวพร้าว เกาะเสม็ดที่เคยเป็นข่าวและเป็นประเด็นถกเถียงที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้ นำมาจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น ตามกรอบแนวคิดของ Burk (2014) เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

(2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ถูกพลาสติก หรือ ถูกกระดาษ น่ากลัวกว่ากัน" ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด (open-ended questionnaire) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่ 1 คือส่วนที่เป็นเนื้อเรื่องที่เป็นประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามที่เกี่ยวข้องกับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ จากนั้นให้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาตรวจสอบความตรง (validity) และนำแบบทดสอบนี้ไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มวิจัย เพื่อศึกษาความตรงของแบบทดสอบ แล้วนำมาปรับปรุงจนกว่าจะได้แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ

และแบบบันทึกการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ เป็นแบบบันทึกความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่อง "ภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม" โดยบันทึกการสัมภาษณ์นักเรียนเมื่อจบแต่ละชั้นของวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้นในประเด็นที่เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ และการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน และหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้เรื่องนี้ในประเด็นที่เกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค ความภูมิใจของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ และประเด็นที่นักเรียนตอบแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นี้ไม่ชัดเจน

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ชี้แจงและให้ข้อมูลที่ชัดเจนแก่นักเรียนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย กระบวนการและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการรายงานผลการวิจัย ผู้วิจัยไม่มีการระบุชื่อจริงของนักเรียน แต่ใช้นามสมมติ เช่น นร.01 หมายถึง นักเรียนคนที่ 1 เป็นผู้ให้ข้อมูล ผู้วิจัยรักษาความลับและปกป้องผลที่อาจเกิดขึ้นภายหลังจากงานวิจัย และนักเรียนได้ทำแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้นเสร็จสิ้น โดยใช้เวลาทำแบบวัดนี้เป็นระยะเวลา 60 นาที ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับเพื่อนผู้วิพากษ์ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ที่ได้จากการอ่านคำตอบของนักเรียนในแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ถุงพลาสติก หรือ ถุงกระดาษ น่า

กลัวกว่ากัน" เป็นรายบุคคลจำนวน 25 คน เพื่อจัดกลุ่มนักเรียนตามระดับพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเกณฑ์การประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Lin and Mintzes (2010) โดยมีเกณฑ์ประเมินดังตาราง 1

ผู้วิจัยตรวจสอบคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยใช้เกณฑ์ตามกรอบแนวคิดของ Lin and Mintzes (2010) ซึ่งมีการแยกองค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐาน การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับออกเป็น ระดับคือ ดีมาก (4 คะแนน) ดี (3 คะแนน) พอใช้ (2 คะแนน) และควรปรับปรุง (1 คะแนน) แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) โดยคำนวณหาคะแนนร้อยละของพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล (Kanjana-vasee, 2007) ดังสมการที่ (1)

$$%GS = \frac{Y-X}{F-X} \times 100 \dots (1)$$

เมื่อ %GS = คะแนนร้อยละของพัฒนาการ X = คะแนนวัดครั้งก่อน Y = คะแนนวัดครั้งหลัง และ F = คะแนนเต็ม

จากนั้นนำคะแนนร้อยละของพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนมาแปลความหมายเป็นระดับพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเกณฑ์ในการแปลความหมายของระดับพัฒนาการ ดังนี้
คะแนนร้อยละ 75.01–100.00 = มีพัฒนาการระดับสูงมาก
คะแนนร้อยละ 50.01–75.00 = มีพัฒนาการระดับสูง

คะแนนร้อยละ 25.0-50.00 = มีพัฒนาการระดับกลาง
 คะแนนร้อยละ 00.01-25.00 = มีพัฒนาการระดับต้น
 คะแนนร้อยละต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.00 = ไม่มีพัฒนาการ

จากนั้นคำนวณหาจำนวนและร้อยละของนักเรียนทั้งหมดในแต่ละระดับพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเก็บข้อมูลจากแบบบันทึกการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการเป็นรายบุคคล โดยอ่านคำ-

ตอบของนักเรียนจากแบบบันทึกการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ โดยระหว่างการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้บันทึกเสียงของนักเรียนด้วยเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลและจัดกลุ่มคำตอบ และสรุปข้อค้นพบจำแนกเป็นประเด็น เช่น ความคิดเห็นเกี่ยวกับความภาคภูมิใจ ปัญหาและอุปสรรคของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 1 รายละเอียดเกณฑ์การประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับทักษะการโต้แย้ง	เกณฑ์การประเมิน			
	การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	การใช้หลักฐาน	การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ
ดีมาก	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป	แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลได้มากกว่า 2 หลักฐานขึ้นไป	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและให้เหตุผลสนับสนุนได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป
ดี	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างตั้งแต่ 1-2 เหตุผล	แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลได้ 1-2 หลักฐาน	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและให้เหตุผลสนับสนุนตั้งแต่ 1-2 เหตุผล	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ 1-2 เหตุผล
พอใช้	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผล โดยเหตุผลนั้นแสดงอารมณ์ความรู้สึกร่วมกับการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือ	แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลได้แต่หลักฐานนั้นมาจากอารมณ์ความรู้สึก	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองแต่ให้เหตุผลสนับสนุนได้	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งแต่เหตุผลไม่สามารถทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้
ควรปรับปรุง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลหรือระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่แสดงอารมณ์และความรู้สึก	ไม่แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและไม่ให้เหตุผลสนับสนุน	โต้แย้งกลับได้ไม่ตรงตามประเด็นที่แย้งและไม่ให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง

ผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบบันทึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น พบว่า นัก-

เรียนส่วนใหญ่ จำนวน 23 คน (ร้อยละ 92.00) มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และนักเรียนจำนวน 2 คน (ร้อยละ 8.00) มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คงที่ ดังในตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	จำนวนคน (ร้อยละ)	ผลการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
ไม่มีพัฒนาการ	2 (8.00)	คงที่
ระดับต้น	1 (4.00)	เพิ่มขึ้น
ระดับปานกลาง	13 (52.00)	เพิ่มขึ้น
ระดับสูง	7 (28.00)	เพิ่มขึ้น
ระดับสูงมาก	2 (8.00)	เพิ่มขึ้น

จากการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ เมื่อจบแต่ละชั้นของวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้นของเรื่อง “ภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม” พบว่าปัจจัยที่ส่งเสริมให้นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 23 คน (ร้อยละ 92.00) มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ดังนี้

(1) ระยะเวลาที่ใช้ในชั้นสำรวจตรวจสอบ (explore) ของวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้นตอน เนื่องจากพบปัญหาว่าระยะเวลาที่ใช้ในชั้นนี้เพียง 1 คาบ (50 นาที) เพื่อสืบค้นข้อมูล ทำให้นักเรียนมีข้อมูลน้อยเกินไปส่งผลต่อการออกแบบและสร้างนวัตกรรม โดยลองผิดลองถูกและใช้ความรู้สึกของตนเอง ไม่ได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลมากพออย่างที่นักวิทยาศาสตร์ทำงาน ดังตัวอย่างข้อความที่สัมภาษณ์นักเรียน “เวลาที่สืบค้นข้อมูลน้อยไปทำให้ศึกษาแหล่งข้อมูลไม่เพียงพอทำให้ข้อมูลมีจำนวนน้อย ไม่ได้ละเอียดมาก ส่งผลต่อการออกแบบนวัตกรรม” (นร.10) จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในชั้นสำรวจตรวจสอบ จากจำนวน 1 คาบ (50 นาที) เป็น 2 คาบ (100 นาที) พบว่านักเรียนมีข้อมูลเพียงพอต่อการออกแบบและสร้างนวัตกรรมอย่างมีเหตุผล โดยใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อมดังกล่าว ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในชั้นสำรวจตรวจสอบ ทำให้นักเรียนมีข้อมูลเหตุผล และหลักฐานเพียงพอต่อการทำกิจกรรมโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

(2) ระยะเวลาที่ใช้ในชั้นวิศวกรรม (engineer) ของวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เนื่องจากพบปัญหาว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมโต้แย้งในประเด็นที่ว่า “นวัตกรรมของกลุ่มใดที่มีประสิทธิภาพกำจัดคราบน้ำมันดิบได้ดีที่สุด เพราะอะไร” เพียง 2 คาบ (100 นาที) ทำให้นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสดูแลความคิดเห็น อภิปราย และโต้แย้งแต่ละประเด็นน้อยเกินไป ดังตัวอย่างข้อความที่สัมภาษณ์นักเรียน “เวลาโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์น้อยเกินไป ทำให้แต่ละคนไม่ได้พูดครบทุกคนในกลุ่ม” (นร.10) จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในชั้นวิศวกรรมจาก 2 คาบ (100 นาที) เป็น 4 คาบ (200 นาที) เพื่อให้ นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสดูแลแสดงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ทุกองค์ประกอบ โดยนำเสนอรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน (claim and warrant) ผู้วิจัยถามคำถามที่วัดการระบุข้อกล่าวอ้างดังนี้ “นักเรียนคิดว่าถุง

กระดาษหรือถุงพลาสติกดีกว่ากันในการรักษาโลก และนักเรียนมีเหตุผลใดมาสนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียน” พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการบอกจุดยืนหรือข้อกล่าวอ้าง

และเหตุผลสนับสนุนได้เพิ่มมากขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนในตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน

ระดับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	จำนวนคน (ร้อยละ)		ตัวอย่างคำตอบหลังการจัดการจัดการเรียนรู้
	ก่อนการจัด การเรียนรู้	หลังการจัด การเรียนรู้	
ดีมาก	4 (16.00)	3 (12.00)	“ถุงกระดาษ (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะ ถุงกระดาษสามารถย่อยสลายได้เร็วกว่าถุงพลาสติกมาก (เหตุผล 1) และถุงกระดาษใช้ต้นไม้เป็นวัตถุดิบซึ่งเป็นทรัพยากรที่สามารถปลูกทดแทนได้ (เหตุผล 2) อีกทั้งจะช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกที่ปล่อยลงทะเลได้มากขึ้น” (เหตุผล 3) (นร.25)
ดี	6 (24.00)	16 (64.00)	“ถุงพลาสติกดีกว่า (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะกระดาษ 1 ต้น ใช้ต้นไม้ถึง 17 ต้น ซึ่งมีคุณค่ามากต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการดูดซับแก๊สเรือนกระจก ทำให้ลดการเกิดภาวะโลกร้อน (เหตุผล 1) และกระบวนการผลิตกระดาษทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 80 ของการผลิตถุงพลาสติก (เหตุผล 2)” (นร.08)
พอใช้	6 (24.00)	4 (16.00)	“ถุงกระดาษดีกว่า (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะสามารถย่อยสลายได้ในไม่กี่เดือนต่างกับถุงพลาสติกที่ใช้เวลาย่อยสลาย 450-1,000 ปี (เหตุผล 1) และกระดาษนำใช้กว่าถุงพลาสติก (ความรู้สึกรู้สึก)” (นร.03)
ควรปรับปรุง	9 (36.00)	2 (8.00)	“ถุงพลาสติกไม่ดี (ข้อกล่าวอ้าง) นำใช้น้อยกว่าถุงกระดาษ (ความรู้สึกรู้สึก) ลดการใช้ถุงพลาสติกและหันมาใช้ถุงกระดาษแทนถุงพลาสติกดีกว่า (ไม่ระบุเหตุผล)” (นร.12)

จากตาราง 3 ผู้วิจัยพบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน นักเรียนมีระดับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนในทุกระดับตั้งแต่ระดับปรับปรุงจนถึงระดับดีมาก โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน

ในระดับควรปรับปรุงจำนวน 9 คน (ร้อยละ 36.00) ซึ่งนักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล หรือระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่แสดงอารมณ์และความรู้สึก เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการดีขึ้น คือ มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุงลดลงเหลือเพียง จำ

นวน 2 คน (ร้อยละ 8.00) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีจำนวน 16 คน (ร้อยละ 64.00) ซึ่งนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างตั้งแต่ 1-2 เหตุผล

(2) การใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล (evidence) ผู้วิจัยถามคำถามวัดการใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล ดังนี้ “นักเรียนมีหลักฐานข้อมูลอื่น ๆ

หรือประสบการณ์ของนักเรียนเองมาใช้ในการสนับสนุนและยืนยันเหตุผลในข้อที่ 1 อย่างไร” พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานสนับสนุนได้เพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ศึกษาตามแนวทางสะเต็มด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนในตาราง 4

ตาราง 4 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับการใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล

ระดับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	จำนวนคน (ร้อยละ)		ตัวอย่างคำตอบหลังการจัดการจัดการเรียนรู้
	ก่อนการจัด การเรียนรู้	หลังการจัด การเรียนรู้	
ดีมาก	0 (0.00)	2 (8.00)	“กรมควบคุมมลพิษ บอกว่า “ถุงพลาสติกเพียง 1 ใบใช้เวลาย่อยสลายนานถึง 450 ปี (หลักฐาน 1)” นอกจากนี้มีกฎหมายห้ามใช้ถุงพลาสติกในประเทศ รวันดา บังกลาเทศ และอีกหลายประเทศ (หลักฐาน 2) รวมทั้งประเทศไทยมีการรณรงค์ใช้ถุงพลาสติก (หลักฐาน 3) โดยรวมทั้งโลกต้องการลดปริมาณถุงพลาสติกลงเป็นอย่างมาก เพราะต้นไม้สามารถทดแทนและทำรีไซเคิลถุงกระดาษ อีกทั้งถุงพลาสติกมีการปล่อยแก๊ส CO ₂ มากกว่าถุงกระดาษ ซึ่งมีผลกระทบต่อโลกมากกว่าและเป็นผลโดยตรง จากงานวิจัยของกระทรวงสิ่งแวดล้อมและอาหารของเดนมาร์ก (หลักฐาน 4) กล่าวไว้” (นร.09)
ดี	10 (40.00)	18 (72.00)	“นิตยสารโลกสีเขียว กล่าวว่า “การผลิตและการย่อยสลายของกระดาษ 2 ชนิดนี้ เช่น ถุงกระดาษใช้ต้นไม้ในการผลิต ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มนุษย์ปลูกทดแทนได้ ส่วนถุงพลาสติกต้องใช้น้ำมันดิบในการผลิตเป็นทรัพยากรที่ทดแทนไม่ได้ (หลักฐาน 1) และงานวิจัยของกระทรวงสิ่งแวดล้อมและอาหารของประเทศเดนมาร์ก กล่าวว่า “ถุงกระดาษย่อยสลายได้ง่ายกว่าถุงพลาสติก (หลักฐาน 2)” (นร.23)
พอใช้	2 (8.00)	0 (0.00)	–
ควรปรับปรุง	13 (52.00)	5 (20.00)	“ถุงพลาสติกเป็นมลพิษต่อโลก เพราะถุงพลาสติกต้องใช้น้ำมันดิบ 11 บาร์เรล ประมาณ 1,750 ลิตร ทำให้โลกมีขยะมากขึ้น เกิดผลเสียตามมาในอนาคต (ขาดหลักฐาน)” (นร.01)

จากตาราง 4 พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น นักเรียนมีระดับการใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล 3 ระดับ คือ ตั้งแต่ระดับปรับปรุง ระดับพอใช้ จนถึงระดับดี โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้หลักฐานสนับสนุนในระดับควรปรับปรุงจำนวน 13 คน (ร้อยละ 52.00) ซึ่งนักเรียนไม่สามารถแสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการดีขึ้น คือ มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุงลดลงเหลือเพียงจำนวน 5 คน (ร้อยละ 20.00) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี 18 คน

(ร้อยละ 72.00) ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลได้ 1-2 หลักฐาน

(3) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (sup-
portive argument) ผู้วิจัยถามคำถามวัดการให้
ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป ดังนี้ “หากมีเพื่อนนักเรียน
คนอื่นที่ตอบตรงข้ามกับนักเรียนในข้อ 1 นักเรียน
คิดว่าเหตุผลของเพื่อนคืออะไร” พบว่านักเรียน
สามารถพัฒนาความสามารถในการให้ข้อโต้แย้ง
ที่ต่างออกไปเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6
ชั้น ดังในตาราง 5

ตาราง 5 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป

ระดับการระบุข้อกล่าว อ้างและเหตุผลสนับสนุน	จำนวนคน (ร้อยละ)		ตัวอย่างคำตอบหลังการจัดการเรียนรู้
	ก่อนการจัด การเรียนรู้	หลังการจัด การเรียนรู้	
ดีมาก	1 (4.00)	6 (24.00)	“ถูกกระดาษดีกว่าถุงพลาสติก (ข้อโต้แย้งที่ต่าง ออกไป) เพราะถุงพลาสติกย่อยสลายยาก (เหตุผล สนับสนุน 1) นอกจากนี้กระบวนการผลิตต้องใช้ น้ำมันดิบซึ่งเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดสิ้นไปและ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (เหตุผลสนับสนุน 2) นอก- จากนี้บ้านเรามีการณรงค์ให้งดใช้ถุงพลาสติกแล้ว หันมาใช้ถุงกระดาษรักษ์โลกมาเป็นระยะเวลานาน พอสมควร (เหตุผลสนับสนุน 3) และล่าสุดมีชาว วาทยกยัดขึ้นเสียชีวิตที่ จ.สงขลา ซึ่งพบขยะพลาสติก ติดอยู่ในท้องวาทยกยัดจำนวน 80 ชิ้น (เหตุผลสนับสนุน 4)” (นร.21)
ดี	9 (36.00)	14 (56.00)	“เหตุผลของเพื่อน คือ ถุงพลาสติกดีกว่ากระดาษ (ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป) เพราะกระดาษ ต้องตัดต้นไม้ทำลายป่า ต้นไม้ลดลง จะทำให้เกิด ภาวะโลกร้อน หรืออาจเกิดมลพิษ เพราะไม่มีต้นไม้ ช่วยดูดซับแก๊สที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (เหตุผล สนับสนุน 1) และไม่มีทรัพยากรป่าไม้เพื่อตอบ- สนองความต้องการของมนุษย์ในด้านอื่น ๆ อีกด้วย และอาจไม่มีทรัพยากรในการทำถุงอีกด้วย เมื่อปลูก

ตาราง 5 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (ต่อ)

ระดับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	จำนวนคน (ร้อยละ)		ตัวอย่างคำตอบหลังการจัดการเรียนรู้
	ก่อนการจัด การเรียนรู้	หลังการจัด การเรียนรู้	
พอใช้	2 (8.00)	2 (8.00)	ปลูกต้นไม้ทดแทนไม้ที่ปริมาณความต้องการของประชาชน (เหตุผลสนับสนุน 2)" (นร.25)
ควรปรับปรุง	13 (52.00)	3 (12.00)	"เพราะถูงกระดาษสามารถย่อยสลายได้ภายในเวลาเพียงไม่กี่เดือน (เหตุผลสนับสนุน)" (นร.03) "การใช้ถูงพลาสติกอาจจะทำให้สะดวกสบายกว่าถูงกระดาษ (ขาดเหตุผลสนับสนุน)" (นร.13)

จากตาราง 5 พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น นักเรียนมีระดับการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป 4 ระดับ คือ ตั้งแต่ระดับปรับปรุงระดับพอใช้ ระดับดี จนถึงระดับดีมาก โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปในระดับควรปรับปรุง จำนวน 13 คน (ร้อยละ 52.00) ซึ่งนักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและไม่ให้เหตุผลสนับสนุน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างกล่าว นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการที่ดีขึ้น คือ มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุงลดลงเหลือเพียงจำนวน 3 คน (ร้อยละ 12.00) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี 14 คน (ร้อยละ 56.00) ซึ่งนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและให้เหตุผลสนับสนุนตั้งแต่ 1-2 เหตุผล

(4) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (counter argument) ผู้วิจัยถามคำถามวัดการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ ดังนี้ "นักเรียนจะใช้เหตุผลใดในการโต้แย้งกลับเพื่อให้เพื่อนที่มีความคิดเห็นตรงข้ามกับนักเรียนในตอนแรกคล้อยตามและเห็นด้วยกับนักเรียน" พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุ-

ผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น ดังในตาราง 6

จากตาราง 6 พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น นักเรียนมีระดับการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ 3 ระดับ คือ ตั้งแต่ระดับปรับปรุง ระดับพอใช้ จนถึงระดับดี โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับในระดับควรปรับปรุง จำนวน 12 คน (ร้อยละ 48.00) ซึ่งนักเรียนไม่สามารถโต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและไม่ให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างกล่าว นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการที่ดีขึ้น คือ มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุงลดลงเหลือเพียงจำนวน 1 คน (ร้อยละ 4.00) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี 12 คน (ร้อยละ 48.00) ซึ่งนักเรียนสามารถโต้แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ 1-2 เหตุผล

จากผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของนักเรียนทั้งหมดก่อนและหลังเรียนที่ได้

ตาราง 6 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่แสดงระดับการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

ระดับการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	จำนวนคน (ร้อยละ)		ตัวอย่างคำตอบหลังการจัดการเรียนรู้
	ก่อนการจัด การเรียนรู้	หลังการจัด การเรียนรู้	
ดีมาก	0 (0.00)	10 (40.00)	“ถุงกระดาษมีดีมากกว่า เพราะถุงกระดาษถึงจะเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติป่าไม้ค่อนข้างสูง แต่ยังสามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ (เหตุผล 1) นอกจากนี้การย่อยสลายนั้นเป็นระยะเวลาอันสั้นโดยประมาณเพียง 1 เดือน (เหตุผล 2) อีกทั้งยังใช้ซ้ำได้เรื่อย ๆ (เหตุผล 3) แถมยังกักเก็บความเย็นหรือความร้อนได้ดีและนานกว่าถุงพลาสติก (เหตุผล 4) นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณขยะทั้งพื้นดินและพื้นที่ท้องทะเล (เหตุผล 5) นอกจากนี้ถุงกระดาษนำไปใช้ในห้างสรรพสินค้าต่าง ๆ ก็สามารเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าได้ด้วย (เหตุผล 6) และถุงพลาสติกเป็นการสร้างมลพิษค่อนข้างสูง ย่อยสลายช้าเป็นต้นปัญหาในเรื่อง microplastic คือสารพิษที่ปะปนในทุกที่ทั้งในน้ำและอากาศ แล้วงานวิจัยพบว่า กลีโอก็มี microplastic ปะปนอยู่ด้วย แล้วสัตว์ในทะเลอย่างแพลงก์ตอนเป็นอาหารของพวกหอยก็สะสม microplastic อยู่ในห่วงโซ่อาหารเช่นเดียวกัน สามารถถ่ายทอดมาสู่คนได้ ดังนั้นถุงพลาสติกเป็นผลกระทบที่อันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด (เหตุผล 7) (นร.21)
ดี	10 (40.00)	12 (48.00)	“ถุงกระดาษดีกว่าถุงพลาสติก เพราะถุงพลาสติกต้องใช้เวลานานกว่าจะย่อยสลาย (เหตุผล 1) และ การใช้ถุงพลาสติกจะเป็นสาเหตุของปัญหาโลกร้อน ร้อยละ 90 มาจากการที่มนุษย์เผาเชื้อเพลิงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศรุนแรงไปทั่วโลก (เหตุผล 2) ดังนั้น เราควรใช้ถุงกระดาษมากกว่าถุงพลาสติก เพราะถุงกระดาษทำให้โลกเสียหายน้อยกว่า” (นร.20)
พอใช้	3 (12.00)	2 (8.00)	“เขาเห็นข้อดีและข้อเสียของทั้งสองพอ ๆ กัน ฉะนั้นเลยเลือกสิ่งที่พบเจอในชีวิตประจำวัน เพราะฉันรักต้นไม้มากกว่ามลพิษ เพราะการลดมลพิษก็ต้องการต้นไม้ เพราะฉะนั้นเลือกได้ทั้งสอง แต่จะได้รับผลกระทบต่างกัน” (นร.09)
ควรปรับปรุง	12 (48.00)	1 (4.00)	“บอกทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละคน” (นร.13)

รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น โดยวิเคราะห์ผลจากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยคะแนนแต่ละองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมคะแนนแต่ละองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมดหารด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมด และนำค่าเฉลี่ยคะแนนแต่ละองค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของห้องเรียนก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว มาคำนวณหาคะแนนร้อยละของพัฒนาการ

ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด (Kanjanavasee, 2007) พบว่า กลุ่มที่ศึกษามีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบเพิ่มขึ้น โดยองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ มีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ในระดับสูง (65.38 คะแนน) และองค์ประกอบด้านการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน มีพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์น้อยที่สุดอยู่ในระดับปานกลาง (33.33 คะแนน) ดังในตาราง 7

ตาราง 7 ผลการพัฒนาการทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของนักเรียนทั้งหมด

องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์		ผลการพัฒนาทักษะการโต้แย้ง
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	2.2 (พอใช้)	2.8 (พอใช้)	33.33 (ระดับกลาง)
การใช้หลักฐาน	1.88 (ควรปรับปรุง)	2.68 (พอใช้)	37.74 (ระดับกลาง)
การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	1.92 (ควรปรับปรุง)	2.92 (พอใช้)	48.08 (ระดับกลาง)
การให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ	1.92 (ควรปรับปรุง)	3.28 (ดี)	65.38 (ระดับสูง)

จากตาราง 7 พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น กลุ่มที่ศึกษามีระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกแต่ละองค์ประกอบ อยู่ 2 ระดับ คือ ระดับพอใช้ และระดับควรปรับปรุง โดยองค์ประกอบด้านการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนอยู่ในระดับพอใช้ ส่วนองค์ประกอบด้านการใช้หลักฐาน ด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และด้านการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ อยู่ในระดับควรปรับปรุง เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว กลุ่มที่ศึกษามี

ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกแต่ละองค์ประกอบ อยู่ 2 ระดับ คือ ระดับพอใช้ และระดับดี โดยองค์ประกอบด้านการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน ด้านการใช้หลักฐาน ด้านการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปอยู่ในระดับพอใช้ และด้านการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับดี

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่อง การ

กิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม พบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เป็นจำนวน 23 คน (ร้อยละ 92.00) จากนักเรียนทั้งหมด 25 คน (ร้อยละ 100.00) โดยพัฒนาการของนักเรียน เรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ระดับปานกลาง เป็นจำนวน 13 คน (ร้อยละ 52.00) ระดับสูงเป็นจำนวน 7 คน (ร้อยละ 28.00) ระดับสูงมากเป็นจำนวน 2 คน (ร้อยละ 8.00) และ ระดับต้นเป็นจำนวน 1 คน (ร้อยละ 4.00) ตามลำดับ

ผู้วิจัยพบว่าชั้นวิศวกรรม ซึ่งเป็นชั้นหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น เรื่อง ภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม สามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นได้ เนื่องจากเป็นชั้นที่ผู้เรียนใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สร้างนวัตกรรมด้วยตนเอง หลังจากนั้นผู้เรียนนำเสนอนวัตกรรมของตนเองหน้าชั้นเรียนในรูปแบบกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพิสูจน์ ยืนยันความถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว และโน้มน้าวให้ผู้อื่นยอมรับวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยใช้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและหลักฐานที่น่าเชื่อถือปราศจากการใช้อารมณ์และความรุนแรง ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Cavlazoglu and Stuessy (2018) ที่พบว่าครูวิทยาศาสตร์ที่เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการสะเต็มศึกษา (STEM education) เรื่อง วิศวกรรมแผ่นดินไหว (earthquake engineering) สามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย ดังนั้นทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลจึงเป็นเครื่องมือที่สามารถพัฒนาความคิดและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้

(Pharanat, and Nuangchalerm, 2018)

ผู้วิจัยพบว่านักเรียนจำนวนหนึ่งที่มีทักษะการโต้แย้งอยู่ในระดับคงที่ จำนวน 2 คน (ร้อยละ 8.00) ทั้งนี้สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากประเด็นที่ใช้ในการทำกิจกรรมโต้แย้งเพียง 1 ประเด็น ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมกำจัดคราบไขมันดิบตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ขั้น ทำให้นักเรียนไม่ได้โต้แย้งในประเด็นที่หลากหลาย

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ อยู่ในระดับควรปรับปรุงทุกองค์ประกอบ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับดีทุกองค์ประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในภาพรวมและแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pornsurat *et al.* (2018). ที่พบว่านักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยบทเรียนสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียน ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่าองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด คือ การให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ เนื่องจากผู้วิจัยใช้ระยะเวลา

ในการจัดกิจกรรมการโต้แย้งในชั้นวิศวกรรม แบ่งเป็น 2 ครั้ง ครั้งละ 2 คาบ (100 นาที) รวมเป็นเวลา 4 คาบ (200 นาที) ทำให้นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสได้ทำกิจกรรมการโต้แย้งมากขึ้น (Sampson and Blanchard, 2012) และทำให้ครูมีเวลาสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้เหตุผลร่วมกับการใช้อารมณ์ในการโต้แย้ง เมื่อเพื่อนวิพากษ์นวัตกรรมของกลุ่มตนเอง จะแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวออกมา ดังนั้นครูจึงมีเวลาปรับพฤติกรรมของนักเรียนให้มีพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบาย มีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือถือประกอบโต้แย้ง (Erduran *et al.*, 2004) และองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนพัฒนาได้น้อยที่สุด คือ การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน เนื่องก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น พบว่า นักเรียนทั้งหมดมีพัฒนาการอยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งเป็นระดับที่ดีกว่าองค์ประกอบอื่นอยู่แล้ว ทำให้เมื่อหลังการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนพัฒนาได้น้อยกว่าองค์ประกอบอื่น แต่ก็มีพัฒนาการระดับกลาง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่อง ภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ใช้ประเด็นในการโต้แย้งเพียง 1 ประเด็น เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาของผู้วิจัย ด้วยเหตุนี้ครูควรเพิ่มประเด็นการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2. จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนมักจะ

ใช้อารมณ์ ก้าวร้าว เสียงดังประกอบกับการให้เหตุผลในระหว่างโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุนี้ครูควรมีเทคนิคการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนที่กำลังโต้แย้ง รู้ว่าตนเองกำลังใช้อารมณ์อยู่ และควรระงับพฤติกรรมเช่นนั้นลง โดยอาจใช้สติ๊กเกอร์สีแดงเป็นการเสริมแรงทางลบ หากนักเรียนคนใดได้รับสติ๊กเกอร์นี้จะทำให้คะแนนการโต้แย้งลดน้อยลง

3. ควรศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ชั้น เรื่องภารกิจพิทักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Burk, B. N. (2014). THE ITEEA 6E learning by DeSIGN™ model: Maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. **Technology and Engineering Teacher** 73(6): 14–19.
- Bybee, R. W. (1997). **Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices**. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Cavlazoglu, B., and Stuessy, C. (2018). Examining science teacher's argumentation in a teacher workshop on earthquake engineering. **Journal of Science Education and Technology** 27(4): 348–361.
- Duangpummes, W., and Kaewura, W. (2017). Learning management in Thailand 4.0 with active learning. **Humanities and Social Sciences Journal of Graduate School, Pibulsongkram Rajabhat University** 11(2):

- 1–13. (in Thai)
- Erduran, S., Simon, S., and Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education** 88(1): 915–933.
- Janhorm, C and Ketsing, J. (2018). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education by 6E learning in topic of genetic disorder: Duchenne muscular dystrophy. **IPST Magazine** 46(212): 32–36. (in Thai)
- Jimenez–Aleixandre, M., and Erduran, S. (2007). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom–based Research**. Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Kanjanavasee, S. (2007). **Evaluation Theory**. 6th ed. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Lin, S., and Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socio scientific issues: The effect of ability level. **International Journal of Science and Mathematics Education** 8(6): 993–1017.
- Ministry of Education. (2016). **Education Development Plan of Ministry of Education (2017–2021)**. Retrieved from <http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=47194&Key=news>, August 7, 2019. (in Thai)
- National Research Council. (2012). **A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Retrieved from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165, December 26, 2013.
- Pharanat, W., and Nuangchalerm, A. (2018). Reasoned argumentation: A skill for surviving in the 21st century. **Journal of Humanities and Social sciences Mahasarakham University** 37(2): 174–181. (in Thai)
- Pornsurat, P., Changsri, N. and Inprasitha, M. (2018). STEM education in mathematics education: Focusing on students' argumentation in primary school. **Engineering and Applied Science Research** 45(4): 316–319. (in Thai)
- Roongsangjun, T. (2018). Preparedness for the 4th renovation of Thai labor. **Journal of Social Work** 26(2): 172–204. (in Thai)
- Sampson, V., and Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. **Journal of Research in Science Teaching** 49(9): 1122–1148.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2014). STEM education in 21st century learning. **IPST Magazine** 42(186): 3–5. (in Thai)
- The Secretariat of the House of Representatives. (2016). **Academic Paper: Thailand 4.0**. Retrieved from <http://library2.parliament.go.th/ejournal>, December 12, 2016. (in Thai)