

Development of Research-Based Learning Activities Affecting Learning Gain of Science Student Teachers in an Environmental Science Course

Bannarak Khumraksa*

Ph.D. (Chemistry), Lecturer

General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University

Prissana Rakbumrung

Ph.D. (Physics), Assistant Professor

General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University

*Corresponding author: bannarak.kh@gmail.com

Received: February 23, 2021/ Revised: May 7, 2021/ Accepted: May 12, 2021

Abstract

This study is a pre-experimental research which aims to develop research-based learning (RBL) activities in Environmental Science course for science student teachers, and to examine student's learning gain and learning satisfaction after the implementation. The research population is science student teachers, and a research target is 55 of the third-year science student teachers in the Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University. The research instruments comprise 1) Instructional handbook and Environmental Science lesson plan; 2) 90-item of multiple choice test of Environmental Science; and 3) 5-point Likert scale satisfaction questionnaire. Hake's equation and simple statistics were applied to analyze research data. The result found that: 1) the designed research-based learning activities for the Environmental Science courses were evaluated as very good; 2) the target students who learn through such research-based activities obtained moderate learning gain, among here, the high-talented students are more tendency to progress higher learning gain than those of the middle and low- talents with linear correlation coefficient (R^2) 0.99; and 3) students were satisfied this learning activity with the highest level in all domains. This research suggests that the use of research-based learning activities should be encouraged to develop learning gain for science student teachers.

Keywords: Research-Based Learning, Learning Gain, Environmental Science,
Science Student Teacher

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ส่งผลต่อ ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บรรณรักษ์ คัมรักษา*

ปร.ด. (เคมี), อาจารย์

หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ปรีศนา รักบำรุง

ปร.ด. (ฟิสิกส์), ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

*ผู้ประสานงาน: bannarak.kh@gmail.com

วันรับบทความ: 23 กุมภาพันธ์ 2564/ วันแก้ไขบทความ: 7 พฤษภาคม 2564/ วันตอบรับบทความ: 12 พฤษภาคม 2564

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ และศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและความพึงพอใจในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้นี้ ประชากรของการวิจัยคือนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ และกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยคือนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 จำนวน 55 คน ที่ถูกเลือกมาโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือวิจัยที่ใช้ได้แก่ 1) คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม 2) แบบทดสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมแบบเลือกตอบ จำนวน 90 ข้อ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยได้ใช้สมการของ Hake และสถิติอย่างง่าย ผลจากการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ถูกออกแบบขึ้นมาใช้สำหรับรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก 2) นักศึกษากลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักศึกษาที่มีความสามารถในกลุ่มสูงมีแนวโน้มความก้าวหน้าทางการเรียนมากกว่านักศึกษามีความสามารถในกลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99 และ 3) นักศึกษามีความพึงพอใจที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ดังนั้นผลจากการวิจัยนี้จึงสนับสนุนให้มีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานในการพัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน ความก้าวหน้าทางการเรียน วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
นักศึกษาครุวิทยาศาสตร์

บทนำ

ในช่วงกว่าสามทศวรรษที่ผ่านมาคำว่า “การรู้วิทยาศาสตร์” (Science Literacy) ได้เป็นที่รู้จักในวงการวิทยาศาสตร์ศึกษาและได้รับให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในฐานะเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Laugksch, 2000; Millar, 2006) การจะทำให้ผู้เรียนกลายเป็น “ผู้รู้วิทยาศาสตร์” (Science Literate Person) ได้นั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการหรือวิธีการตามอย่างที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้อย่างแท้จริง (Van Uum, Verhoeff, & Peeters, 2016)

ในปัจจุบันการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยังคงเน้นที่การสอนแบบบรรยายความรู้ และให้ผู้เรียนท่องจำทฤษฎีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนขาดโอกาสที่จะได้รับกิจกรรมการเรียนการสอนที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ธรรมชาติในชีวิตประจำวันเข้าด้วยกัน (Poonyawatpornkul & Luksameevanish, 2019) ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจากหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ ซึ่งขัดแย้งกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจที่คงคน และส่งผลให้ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (Sugano & Nabua, 2020) ฉะนั้นการพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้กลายเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจะต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการสร้างความรู้ที่เป็นระบบและมีความน่าเชื่อถือในการหาหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนการสร้างคำอธิบายเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งสนใจใคร่รู้

การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน (Research-based Learning: RBL) เป็นการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) แบบหนึ่งที่จะเป็น

การนำเอาความรู้จากงานวิจัยและผลการวิจัยมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือผู้สอนนำเอากระบวนการวิจัยมาใช้เป็นกระบวนการในการจัดการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียน (Tomasik, Cottone, Heethuis, & Mueller, 2013) ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้สอนให้ผู้เรียนใช้กระบวนการวิจัยในการเรียนรู้ (Brew & Saunders, 2020) นี่เป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ในขณะที่ลงมือปฏิบัติ (Dewey, 1986) และเนื่องจากแนวคิดของ RBL มีพื้นฐานมาจากการเรียนรู้ด้วยการค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ (Research Evidence) ซึ่งเน้นหมายถึงการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process) ในการสืบเสาะหาความรู้ (Wilson & Rigakos, 2016) ดังนั้น ในการเรียนการสอนโดยใช้ RBL ผู้เรียนจะได้รับข้อค้นพบใหม่ที่เชื่อถือได้จากการสืบเสาะค้นหาข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูล พิสูจน์หรือทดสอบ แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปหรือสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเอง (Khumraksa & Rakbamrung, 2020; Pukiat, 2009) สอดคล้องกับแนวคิดของ Willison & O'Regan (2007) ที่บ่งชี้ว่าการใช้กระบวนการวิจัยในการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Autonomy) ส่งผลให้สามารถสร้างคำอธิบายโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นและสามารถพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ได้ (Bonney, 2015; Poonyawatpornkul & Luksameevanish, 2019; Sumbawati & Anistyasari, 2018)

การตรวจสอบและเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียน (Concept Inventory Investigation) หรือผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น (Gain Score) ของผู้เรียนเป็นวิธีการหนึ่งที่นักการศึกษาใช้บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงผลการเรียนรู้ของผู้เรียน (Distance Travelled by Student) ระหว่างจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไปยังจุดสิ้นสุดของการเรียนรู้ ณ อีกช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของหลักสูตรการศึกษา (Arico, Gillespie, Lancaster, Ward, & Ylonen, 2018) ทว่าการศึกษาผลการเรียนรู้หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ปรากฏในงานวิจัยทางการศึกษาส่วนใหญ่มักให้

ความสำคัญกับการเลือกใช้สถิติมาเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจผลการเรียนเพื่อพิจารณาว่าหลังการเรียนรู้อย่างไรแล้วผู้เรียนมีความรู้ที่แตกต่างกับก่อนเรียนหรือไม่ มีนัยสำคัญหรือไม่ เช่น t-test และ z-test เป็นต้น แต่ในอีกทางหนึ่ง การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพมากอีกวิธีหนึ่งคือ การหาความก้าวหน้าทางการเรียน หรือที่เรียกว่า “Normalized Gain” (g) ซึ่งถูกเสนอขึ้นมาโดย Hake (1998) วิธีการหาความก้าวหน้าทางการเรียนของ Hake ทำได้โดยการคำนวณหาอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual Gain) ต่อผลการเรียนรู้อันดับสูงสุดที่ผู้เรียนมีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum Possible Gain) เนื่องจาก Hake มองเห็นว่าการตัดสินใจผลการเรียนของผู้เรียนที่เคยใช้มาก่อนนั้น ผู้เรียนที่มีคะแนนทดสอบก่อนเรียนสูงย่อมจะมีโอกาสทำคะแนนทดสอบหลังเรียนให้เพิ่มขึ้นได้น้อยกว่าผู้เรียนที่มีคะแนนทดสอบก่อนเรียนต่ำ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของคะแนนเต็ม ที่ไม่สามารถทำเพิ่มไปได้มากกว่านั้นอีกแล้ว ดังนั้น จึงเกิดความไม่ยุติธรรมในการตัดสินว่าผู้เรียนกลุ่มที่มีผลคะแนนทดสอบก่อนเรียนสูงมีพัฒนาการในการเรียนรู้น้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง Hake จึงได้เสนอวิธีการหาความก้าวหน้าทางการเรียนนี้ขึ้นมาเพื่อช่วยลดข้อโต้แย้งในการสรุปผลเกี่ยวกับพัฒนาการในการเรียนรู้ของผู้เรียน (Arico et al., 2018)

งานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่มีรายงานผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ที่มีผลต่อการพัฒนาทักษะความสามารถต่าง ๆ (Skills) ของผู้เรียนเป็นหลัก (Chaidech, Chanunan, & Chaiyasit, 2017; Khumraks, & Ruksakit, 2019; Ramsiri & Nillapun, 2015; Sriwongsa et al., 2020; Tomasik et al., 2013; Tomasik et al., 2014) เนื่องจากแนวคิดของการเรียนรู้แบบ RBL คือการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ขณะเดียวกันงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบ RBL เพื่อพัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนยังมีอยู่น้อย ดังนั้น การวิจัยที่นำเสนอครั้งนี้จึงมุ่งสนใจศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียน อันเป็นผลมาจากการใช้กิจกรรม

การเรียนการสอนแบบ RBL ให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ยังไม่เป็นทางการของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ในปีการศึกษาที่ผ่านมา พบว่านักศึกษามักตอบถูกเฉพาะคำตอบที่เป็นคำถามประเภทรู้จำแต่คำถามประเภทเข้าใจไปจนถึงระดับวิเคราะห์ สังเคราะห์นั้นยังเป็นจุดอ่อนที่นักศึกษาจำนวนมากยังไม่สามารถตอบได้ถูกต้อง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีสมมติฐานเบื้องต้นโดยมีความเชื่อพื้นฐานตามแนวทางการเรียนรู้แบบ RBL ว่าจะส่งเสริมให้นักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ได้ฝึกกระบวนการคิดในระหว่างที่ลงมือปฏิบัติและจะสามารถเพิ่มผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในระดับที่สูงขึ้นของนักศึกษาได้ ทั้งนี้ ผลการวิจัยที่ถูกรายงานในฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์: กรณีศึกษาประเด็นการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น” เนื่องจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยพบว่า RBL เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการศึกษารู้อย่างมีประสิทธิภาพในชุมชนเป็นอย่างดี เพราะบริบทและสภาพแวดล้อมในชุมชนที่ผู้เรียนคุ้นเคยจะทำให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม สร้างประเด็นและกำหนดโจทย์วิจัยได้เป็นอย่างดี (Fisher, Esparza & Olimpo, 2019; Rattanaprom, 2018) นอกจากนี้การวิจัยครั้งนี้ยังได้ศึกษาความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้แบบ RBL ของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้อีกด้วย ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้จะทำให้เกิดนวัตกรรมการเรียนรู้ที่เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอน RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับการพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
ทั่วไป

2. เพื่อศึกษาผลของใช้กิจกรรมการเรียนรู้
แบบ RBL ที่มีผลต่อความก้าวหน้าทางการเรียน
ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาครู
วิทยาศาสตร์

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการเรียนรู้
ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชา
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักศึกษาระดับ
ปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่
ในระดับดีขึ้นไป

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนในรายวิชา
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์
หลังจากเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL

มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง
ขึ้นไป

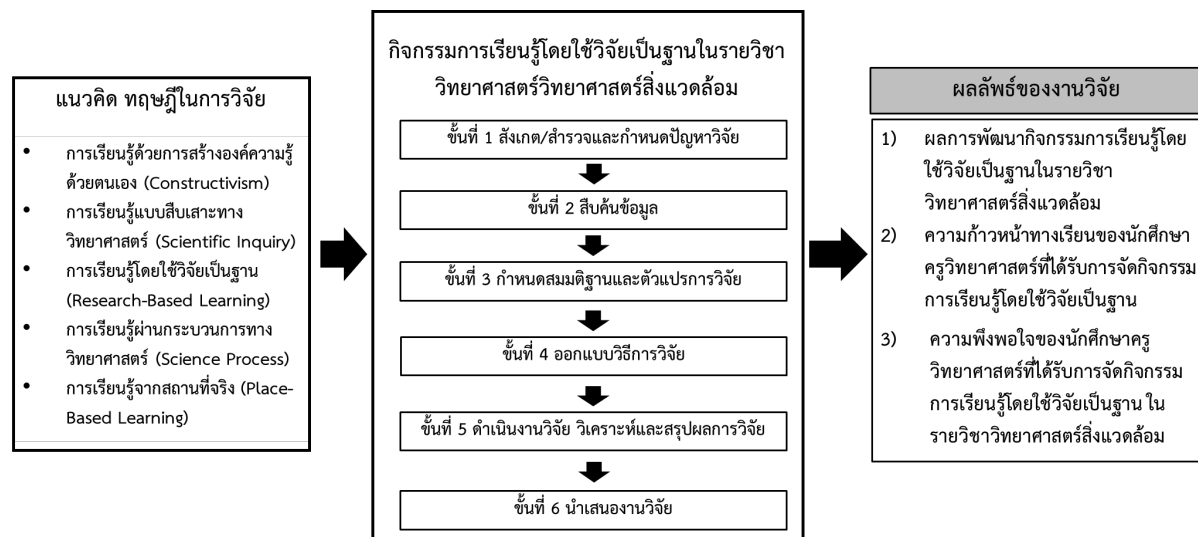
3. นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความ
พึงพอใจในการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ
RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับ
ดีขึ้นไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้อาศัยแนวคิดการเรียนรู้
เชิงรุก (Bonwell & Eison, 1991; Dewey, 1986)
ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Cooperstein &
Kocevar-Weidinger, 2004) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์
แบบสืบเสาะ (Wilson & Rigakos, 2016) มาออกแบบ
วิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้
โดยใช้วิจัยเป็นฐาน (Brew & Saunders, 2020;
Van Uum, Verhoeff, & Peeters, 2016) และ
อาศัยบริบทของชุมชนท้องถิ่นมาเป็นฐานในการ
ศึกษาเรียนรู้ (Fisher et al., 2019) ดังแสดงใน
ภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Designs) โดยแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือ 1) การศึกษาความก้าวหน้าทางเรียน (Normalized Gain) ของนักศึกษาครุวิทยาการศาสตร์ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้วิจัยเป็นฐานจะใช้การวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียว วัดทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) (Leedy & Ormrod, 2015) และ 2) การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาครุวิทยาการศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน จะใช้การวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียว วัดเฉพาะหลังเรียน (One-Shot Experimental Case Study) (Leedy & Ormrod, 2015)

2. กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาครุวิทยาการศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จำนวน 55 คน ที่ถูกเลือกมาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกมาจากประชากรทั้งหมดของนักศึกษาครุวิทยาการศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เนื่องจากนักศึกษากลุ่มนี้ เป็นนักศึกษาในสาขาวิชาที่ผู้วิจัยเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรและมุ่งพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาที่สอนให้เกิดประสิทธิผลที่สอดคล้องตามกรอบ TQF และต้องเป็นนักศึกษาที่ผ่านการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา) ครบถ้วนตามหลักสูตรแล้ว กลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาแบบคละความรู้ความสามารถ โดยพิจารณาจากผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ก่อนเข้าร่วมโครงการ ในกรณีที่ผู้วิจัยอ้างถึงนักศึกษากลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคล ในรายงานฉบับนี้จะใช้สัญลักษณ์ “S” แล้วตามด้วยหมายเลข 01-55 แทนการเรียกขื่อนักศึกษาดังกล่าว เช่น

นักศึกษาคนที่ 1: สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ S01

นักศึกษาคนที่ 2: สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ S02

นักศึกษาคนที่ 3: สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ S03,...
ตามลำดับ

ทั้งนี้ เพื่อเป็นการปกป้องสิทธิส่วนบุคคล และป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายหลังกับนักศึกษาครุวิทยาการศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัย

3. การดำเนินงานวิจัย

1. ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัย

1) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยดำเนินการโดยประชุมหารือกับผู้ร่วมวิจัย 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ศึกษาอีก 1 ท่าน จากนั้นจัดทำเป็นร่างคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL และแผนการจัดการเรียนรู้ (มคอ.3) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ดังกล่าวประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวิจัยดังกล่าวไปทดลองใช้ (Try-out) ในชั้นเรียนของนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน โดยผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการทดลอง (Try-out) ในการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาจารย์ผู้สอน ทำหน้าที่ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

กลุ่มที่ 2 อาจารย์ผู้สังเกตการณ์ ทำหน้าที่เป็นเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแบบไม่มีส่วนร่วมแล้วบันทึกผลการสังเกต

ทีมผู้วิจัยนำผลการทดลอง (Try-out) ที่ได้มาประเมินผลสะท้อนการจัดการเรียนรู้ (Reflective Teaching) เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข และร่างคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL จากนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวได้ถูกนำไปตรวจสอบและยืนยันคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับที่มีค่าตั้งแต่ตั้งแต่ระดับ 1 หมายถึงมีความเหมาะสมน้อยที่สุด ไปจนถึงระดับ 5 หมายถึงมีความเหมาะสมมากที่สุด

2) ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากคำอธิบายรายวิชา และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ระบุไว้ใน

แผนการจัดการเรียนรู้ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม (มคอ. 3) เพื่อนำมาจัดทำเป็นโครงสร้างของแบบทดสอบ จากนั้นจึงดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ก่อนเรียน-หลังเรียน รายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จำนวน 130 ข้อ และนำไปตรวจสอบหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน จากนั้นผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ($IOC \geq 0.50$) (Turner & Carlson, 2003) จำนวน 120 ข้อ และนำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 50 คน และนำมาหาค่าความยากง่าย (Difficulty, p) และค่าอำนาจการจำแนก (Discriminant Index, B) ของแบบทดสอบรายข้อ นอกจากนี้ข้อสอบฉบับดังกล่าวยังถูกนำไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability, r) โดยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Procedure, K-20) (Ketchatturat, 2017) และพบว่าค่า r ทั้งฉบับเท่ากับ 0.75 หลังจากนั้นทำการคัดเลือกข้อสอบอีกครั้งหนึ่ง โดยเลือกเฉพาะข้อคำถามข้อที่มีค่าความยาก-ง่ายอยู่ในช่วง 0.25 – 0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนกตั้งแต่ 0.19 ขึ้นไป (Ketchatturat, 2017) สุดท้ายข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกไว้ได้ในขั้นนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 90 ข้อ ซึ่งถูกนำไปจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อเตรียมนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริงต่อไป

3) ผู้วิจัยศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนรู้ และศึกษาตัวอย่างของแบบสอบถามความพึงพอใจจากงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้า จากนั้นดำเนินการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม โดยกำหนดโครงสร้างของแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านผู้สอน จากนั้นจัดทำแบบสอบถามที่เป็นแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ที่มีค่าตั้งแต่ระดับ 1 หมายถึงมีความพึงพอใจน้อยที่สุด ไปจนถึงระดับ 5 หมายถึงมีความพึงพอใจมากที่สุด จำนวนทั้งสิ้น 28 ข้อ ผู้วิจัยนำเครื่องมือดังกล่าวไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิง

เนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษาอีก 1 ท่าน และหาค่า IOC ของข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Turner & Carlson, 2003) ค่า IOC ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7- 1.00 และไม่มีรายการคำถามข้อใดที่ต่ำกว่า 0.50 ดังนั้น จึงหมายความว่ารายการคำถามทั้ง 28 ข้อ สามารถใช้เป็นแบบสอบถามได้

2. ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ทั้ง 6 ขั้นตอนให้ผู้วิจัยออกแบบขึ้นมา ไปทดลองใช้ในชั้นเรียนของนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมาย โดยก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักศึกษากลุ่มเป้าหมายทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ฉบับก่อนเรียน จากนั้นจึงดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือฯ และแผนจัดการเรียนรู้เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในระหว่างการดำเนินกิจกรรมในชั้นทดลองนี้ นักศึกษากลุ่มเป้าหมายจำนวน 55 คนถูกมอบหมายให้ทำงานเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 3-4 คน หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอนแล้ว ผู้วิจัยนัดหมายให้นักศึกษากลุ่มเป้าหมายมาทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ฉบับหลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย

1) การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบคุณภาพของคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL และแผนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL และการวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ RBL จากแบบประเมินที่เป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ คำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยทางสถิติอย่างง่าย และตัดสินคุณภาพของผลการประเมินโดยใช้เกณฑ์คุณภาพดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 แปลความหมายว่าเหมาะสมมากที่สุด/พึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 แปลความหมายว่าเหมาะสมมาก/พึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 แปลความหมายว่า
เหมาะสมปานกลาง/พึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 แปลความหมายว่า
เหมาะสมน้อย/พึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 แปลความหมายว่า
เหมาะสมน้อยที่สุด/พึงพอใจน้อยที่สุด

2) การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการ
เรียนแบบ Normalized Gain ของ Hake (1998)
ใช้การคำนวณตามสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$g = \frac{(\% \text{post-test}) - (\% \text{pre-test})}{(100\%) - (\% \text{pre-test})}$$

เมื่อกำหนดให้ g = Normalized Gain

%pre-test = ร้อยละของคะแนนทดสอบ
เฉลี่ยก่อนเรียน

%post-test = ร้อยละของคะแนนทดสอบ
เฉลี่ยหลังเรียน

การแปลผลค่า g ที่คำนวณได้จากสมการ
ข้างต้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 1.0 และจาก
รายงานการวิจัยของ Hake (1998) ทำให้สามารถ
จำแนกระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน
ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

ช่วงคะแนน $g \leq 0.7$ คือ กลุ่มที่มี
ความก้าวหน้าระดับสูง (High Gain)

ช่วงคะแนน $0.3 \leq g < 0.7$ คือ กลุ่มที่มี
ความก้าวหน้าระดับปานกลาง (Medium Gain)

ช่วงคะแนน $0.0 \leq g < 0.3$ คือ กลุ่มที่มี
ความก้าวหน้าระดับต่ำ (Low Gain)

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินความเหมาะสมคู่มือ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL และแผนการ
จัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมจาก
ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าคู่มือฯ และแผนการจัดการ
เรียนรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้มีความ
เหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.64$, S.D. =
0.28) (ตาราง 1) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่ามี
คุณภาพอยู่ในระดับดีมากขึ้นไปทุกด้าน ดังแสดงใน
ตาราง 1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ที่ถูก
พัฒนาขึ้นดังกล่าวประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้
6 ขั้นตอน ใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมการ
เรียนรู้จนครบกระบวนการทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ (ตาราง
2) ในแต่ละสัปดาห์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน
ครั้งละ 4 ชั่วโมง นอกเหนือจากนั้นเป็นการศึกษา
เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติและศึกษาด้วยตนเอง
นอกเวลาเรียน

ตาราง 1

ผลการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.
1	ด้านองค์ประกอบ เนื้อหาสาระของคู่มือ	4.67	0.58
2	ด้านการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.58
3	ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้	4.67	0.43
4	ด้านการกำหนดภาระงานและการวัดและประเมินผล การเรียนรู้	4.67	0.38
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน		4.64	0.28

ตาราง 2

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ลำดับที่	ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
1	ขั้นที่ 1 การสังเกต สำรวจ และกำหนดปัญหาการวิจัย	ทำแบบทดสอบก่อนเรียน/บรรยายเนื้อหาพื้นฐาน และชี้แจง/แนะนำกระบวนการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน ใบกิจกรรมที่ 1 สำรวจ สังเกต และตั้งคำถาม	2 2
2	ขั้นที่ 2 การศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ใบกิจกรรมที่ 2 การศึกษาหลักการ ทฤษฎี และค้นคว้าข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
3	ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปรการวิจัย	ใบกิจกรรมที่ 3 การตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปรการวิจัย	4
4	ขั้นที่ 4 การออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัย	ใบกิจกรรมที่ 4 การออกแบบวิธีในการดำเนินงานเพื่อหาคำตอบของปัญหาวิจัย	4
5-6	ขั้นที่ 5 การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย	ใบกิจกรรมที่ 5 การลงมือปฏิบัติเก็บข้อมูลการวิจัย	4
7	ขั้นที่ 6 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย	ใบกิจกรรมที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย	4
8		ใบกิจกรรมที่ 7 การนำเสนอผลการศึกษารับรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนท้องถิ่น	4

2. ผลการศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายโดยการนำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และหลังเรียนมาคำนวณหาค่าร้อยละ และพบว่าในภาพรวมนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายมีค่าร้อยละโดยเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอยู่ที่ร้อยละ 17.36 จากนั้นนำไปหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนตามวิธีการของ Hake (1998) ผลการวิจัยที่แสดงในตาราง 3 แสดงค่า g เท่ากับ 0.41 ซึ่งหมายความว่านักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายในชั้นเรียนนี้มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

ในขณะเดียวกัน ข้อดีของการหาความก้าวหน้าทางการเรียนตามวิธีการของ Hake (1998) ยังสามารถนำไปใช้ประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนเป็นรายบุคคล (Single Student

Normalized Gain) ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถติดตามความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาแต่ละคนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นว่าเป็นอย่างไร ผลการวิเคราะห์ค่า g พบว่า มีนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 5.5) มีนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง จำนวน 33 คน (ร้อยละ 60.0) และมีนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ จำนวน 15 คน (ร้อยละ 27.3) นอกจากนี้ยังพบว่ายังมีนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับถดถอย นั่นคือมีคะแนนสอบหลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียน จำนวน 4 คน (ร้อยละ 7.3)

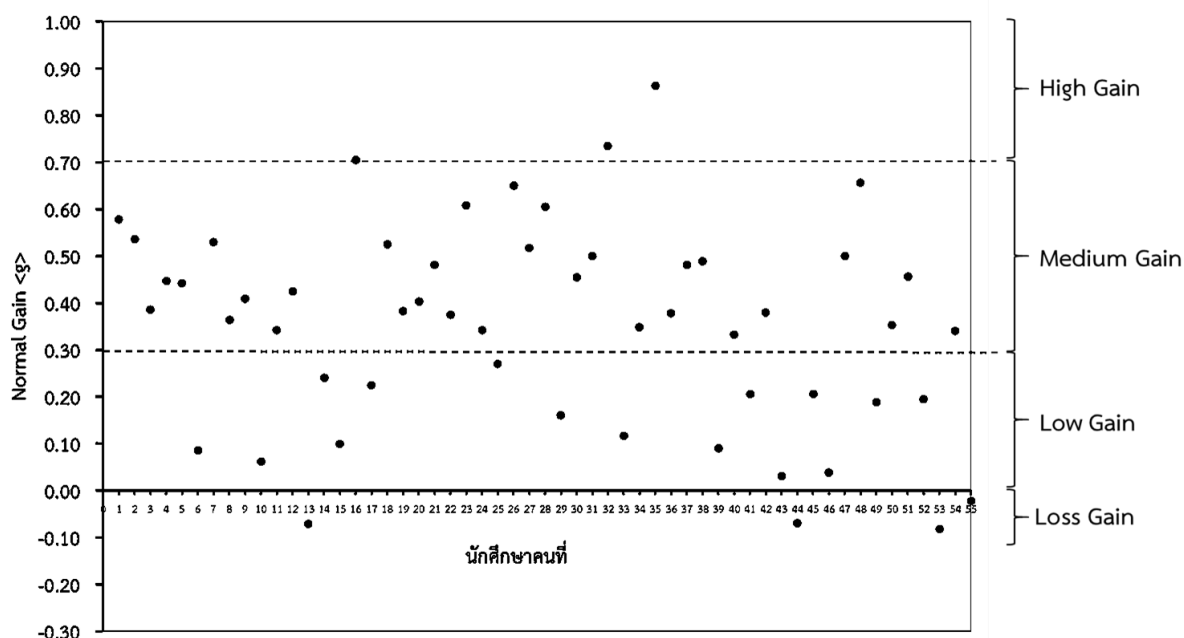
ตาราง 3

คะแนนและความก้าวหน้าทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย	Actual Gain (%post – %pre)	Maximum Possible Gain (100 – %pre)	Normalized Gain <g>
ก่อนเรียน	48.53	9.79	53.92	17.36	42.08	0.41
หลังเรียน	64.15	7.47	71.28			

ภาพประกอบ 2

การแจกแจงระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาเป็นรายบุคคล



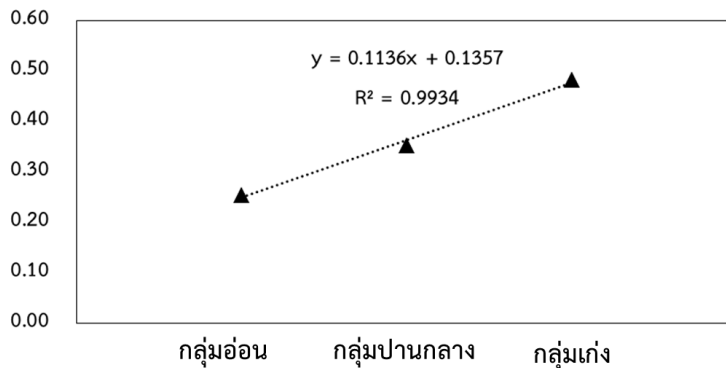
นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ของนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายกับความก้าวหน้าทางการเรียน โดยจัดแบ่งนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 3 กลุ่ม ตามช่วงคะแนนของผลการเรียนเฉลี่ยสะสม คือ กลุ่มเก่ง (GPAX 3.75 – 4.00) กลุ่มปานกลาง (GPAX 3.25 – 3.74) กลุ่มอ่อน (GPAX $\leq$ 3.25) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยนี้ทำให้พบข้อมูลที่น่าสนใจว่า นักศึกษาที่อยู่ในกลุ่มเก่งมีแนวโน้มที่จะมีความก้าวหน้าทางเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสูงกว่านักศึกษาในกลุ่มอื่น ๆ แสดงให้เห็น

อย่างชัดเจนจากกราฟความสัมพันธ์ในภาพประกอบ 3 ซึ่งมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงถึง 0.99

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แสดงดังแผนภูมิในภาพประกอบ 4 โดยพบว่านักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในระดับมาก ดีมาก ทุกด้าน โดยด้านที่นักศึกษามีความพึงพอใจมากที่สุดคือด้านผู้สอน รองลงมาคือด้านเนื้อหาและด้านกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับ

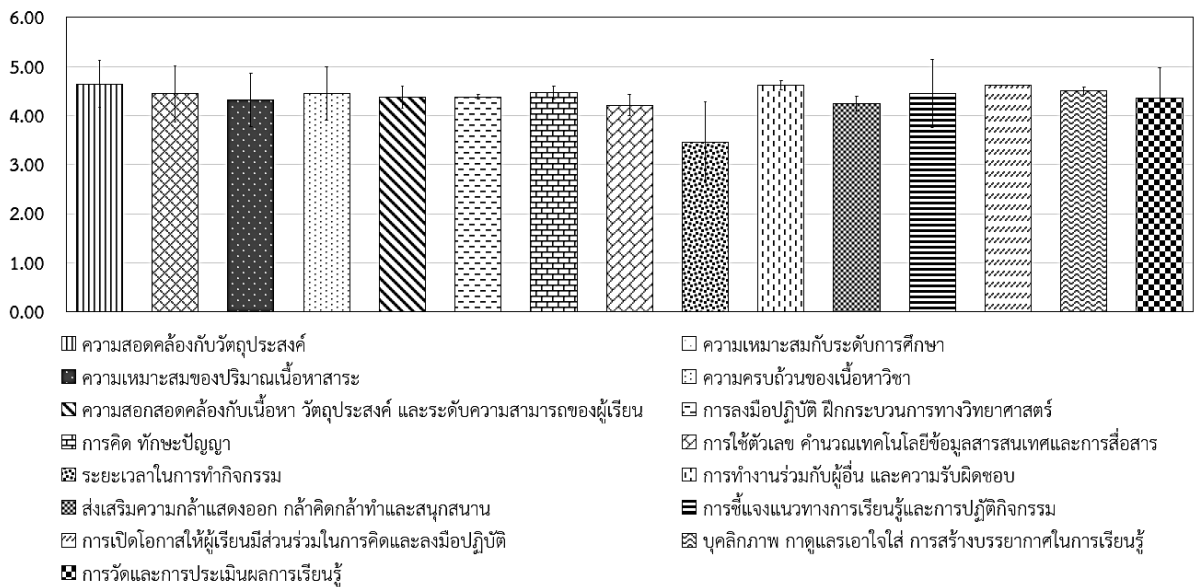
ภาพประกอบ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนเฉลี่ยสะสมของผู้เรียนกับความก้าวหน้าทางการเรียน



ภาพประกอบ 4

ความพึงพอใจของนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้วิจัยเป็นฐาน



อภิปรายผลการวิจัย

1. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างเป็นคู่มือ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL และแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.64$, $S.D. = 0.28$) เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวได้อาศัยกรอบแนวคิดของกระบวนการวิจัยที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มา

เป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ และใช้แนวทางการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะแบบเปิด (Open Inquiry) (Fitzgerald, Danaia, & McKinnon, 2019; Ladachart & Ladachart, 2017) เพื่อให้ให้นักศึกษากลุ่มเป้าหมายได้ซึมซับและเข้าใจวิธีการได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจวิถีคิด เข้าใจวิถีชีวิตและการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (Anderson, 2002) รายละเอียดของการจัดกิจกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสังเกต สำรวจและกำหนดปัญหาการวิจัย ผู้วิจัยใช้แนวคิดของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ซึ่งเริ่มต้นด้วยการสังเกตเพื่อตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Question) ที่จะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) (Fitzgerald et al., 2019; Ladachart & Ladachart, 2017) กิจกรรมนี้เปิดโอกาสให้นักศึกษาสังเกต สำรวจปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนท้องถิ่น ฝึกตั้งคำถามที่หลากหลายตามความสนใจ และเลือกคำถามสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง กิจกรรมนี้ผู้วิจัยอาศัยแนวคิดของกระบวนการวิจัยซึ่งให้ความสำคัญกับทฤษฎีพื้นฐานที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ (Brew & Saunders, 2020; Ladachart & Ladachart, 2017) โดยให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลการศึกษา หลักการ ทฤษฎี และค้นคว้าข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เป้าหมายของกิจกรรมในขั้นนี้คือเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาความรู้ที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Prior Background Knowledge) ซึ่งจะสามารถนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดและเป็นแนวทางในการหาวิธีการแก้ไขปัญหาวิจัยของตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปรของการวิจัย ในขั้นนี้ผู้วิจัยอาศัยแนวคิดของกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Wilson & Rigakos, 2016) และกระบวนการวิจัย (Van Uum et al., 2016) ตามอย่างนักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัยมักกำหนดทิศทางในการหาคำตอบของคำถามการวิจัยด้วยการตั้งสมมติฐานซึ่งอาศัยกรอบแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานที่มีอยู่ ณ ขณะนั้น (Ladachart & Ladachart, 2019) โดยในขั้นนี้ผู้สอนนำนักศึกษาอภิปรายถึงแนวทางในตั้งสมมติฐานการวิจัยโดยใช้ทั้งการบรรยาย ยกตัวอย่าง และฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง โดยให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานจากปัญหาการวิจัยของตนเอง โดยอาศัยกรอบแนวคิดจากที่ได้จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 2 พร้อมทั้งกำหนดตัวแปรการวิจัย และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัย ขั้นนี้จะใช้แนวทางการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะแบบเปิด (Fitzgerald et al., 2019) เพื่อให้นักศึกษาได้ออกแบบวิธีการหาคำตอบของปัญหาวิจัยและออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือด้วยวิธีการที่หลากหลาย (Ladachart & Ladachart, 2017) โดยขั้นนี้ผู้สอนจะดำเนินการให้นักศึกษากำหนดการขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และ/หรือวิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลการวิจัยในแก้ปัญหาล้อมในชุมชนท้องถิ่น ด้วยกลวิธีระดมสมอง และให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนและผู้สอนร่วมกันวิพากษ์และอภิปราย

ขั้นตอนที่ 5 การลงมือปฏิบัติเก็บข้อมูลการวิจัย ในขั้นนี้ผู้วิจัยยังคงอาศัยใช้แนวคิดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะแบบเปิด (Fitzgerald et al., 2019) และให้เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เรียนรู้จากประสบการณ์ผ่านการลงมือปฏิบัติ (Bonwell & Eison, 1991; Dewey, 1986) กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ใช้เวลา 2 สัปดาห์ โดยนักศึกษาที่เรียนไม่จำเป็นต้องเข้าชั้นเรียน กล่าวคือผู้สอนมอบหมายกิจกรรมให้นักศึกษาไปลงมือปฏิบัติการเก็บข้อมูลวิจัย เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล หลักฐาน ผลการทดลอง ชิ้นงาน นวัตกรรม หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นผลมาจากการการดำเนินงานวิจัยตามวิธีการที่ได้ออกแบบไว้โดยอิสระ เนื่องจากนักศึกษาแต่ละกลุ่มมีพื้นที่วิจัยหรือบริเวณในชุมชนท้องถิ่นที่เลือกมาเป็นปัญหาการวิจัยที่แตกต่างกัน ขณะเดียวกันผู้สอนจะคอยติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม และคอยให้คำปรึกษาโดยใช้วิธีการสื่อสารทั้งการสื่อสารแบบพบหน้า และการสื่อสารผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์ เช่น อีเมล กลุ่มไลน์ เฟซบุ๊ก เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย กิจกรรมในขั้นนี้ผู้วิจัยเน้นให้นักศึกษาตระหนักถึงความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสืบเสาะ สำรวจ หรือทดลองมาใช้ในการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามการวิจัย (Ladachart & Ladachart, 2019; Wilson & Rigakos, 2016) นักศึกษาแต่ละกลุ่มจะต้องนำข้อมูลวิจัยมา

วิเคราะห์ อธิบายและลงข้อสรุป เพื่อตอบสมมติฐาน/ และตอบปัญหาการวิจัยของกลุ่มตนเอง โดยผู้สอนคอยให้คำชี้แนะและเสนอประเด็นสำคัญเพื่อนำไปสู่การอภิปรายบนพื้นฐานของข้อมูลวิจัยและหลักฐานที่มีอยู่ จากนั้นในสัปดาห์ถัดไป นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการวิจัยในประเด็นการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนท้องถิ่น กลุ่มละ 15 นาที และให้เพื่อน ๆ ในชั้นเรียนร่วมกันซักถามและอภิปรายหลังการนำเสนอของแต่ละกลุ่มเป็นเวลา 10 นาที

2. ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนเฉลี่ยของผู้เรียนกับความก้าวหน้าทางการเรียน แสดงให้เห็นค่า g เท่ากับ 0.41 ซึ่งบ่งชี้ว่านักศึกษาในกลุ่มเป้าหมายในชั้นเรียนนี้มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับรายงานการวิจัยหลายชิ้นที่พบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรม/นวัตกรรมการเรียนรู้อัตโนมัติจะสามารถพัฒนาระดับความก้าวหน้าทางการเรียนให้อยู่ในระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่ (Colt, Davoudi, Murgu, & Zamanian Rohani, 2011; Lakdawala, Zahorian, González, Kumar, & Leath, 2002) แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัยครั้งนี้ได้ปรากฏให้เห็นว่ามีนักศึกษาอยู่กลุ่มหนึ่งคือนักศึกษา S13 S44 S53 และ S55 มีค่า g เป็นค่าลบ หรือแปลความหมายได้ว่านักศึกษากลุ่มนี้มีผลคะแนนสอบหลังเรียนน้อยกว่าคะแนนสอบก่อนเรียน กรณีที่ค่า g มีค่าเป็นลบนี้ก็มีโอกาสเกิดขึ้นได้ดังเช่นที่ปรากฏในผลการวิจัยของ Lakdawala และคณะ (2002) ที่ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาแรกเข้าในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ แต่มีได้อภิปรายเหตุผลของค่า g ที่เป็นลบไว้ในรายงาน ในขณะที่ Miller และคณะ (2010) ได้ชี้แจงถึงข้อจำกัดของวิธีการหาความหน้าของ Hake ว่าอาจจะทำให้เกิดค่า g ที่เป็นลบได้ หากผู้เรียนทำคะแนนสอบก่อนเรียนได้มากกว่าคะแนนสอบหลังเรียน และ Miller คาดการณ์ว่าอาจจะเกิดจากการที่ผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนหัวข้อนั้นอย่างถ่องแท้และอาจเกิดจากการที่ผู้เรียนเดาข้อสอบในการทำแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วบังเอิญตอบถูก (Miller, Lasry, Reshef, Dowd, Araujo, & Mazur, 2010) ในที่นี้ผู้วิจัยมีความเห็นสอดคล้องกับข้อสันนิษฐาน

ของ Miller และคณะในประเด็นที่สอง เนื่องจากนักศึกษาที่มีค่า g เป็นลบทั้ง 4 คน ได้แก่ S13 S44 S53 และ S55 เป็นนักศึกษาที่อยู่ในกลุ่มอ่อน ดังนั้นจึงเป็นไปได้สูงว่าในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน นักศึกษาในกลุ่มนี้จะเดาคำตอบแล้วบังเอิญตอบถูก จึงทำให้ผลคะแนนสอบก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนสอบหลังเรียน และเป็นผลให้ค่า g มีค่าเป็นลบ

หลักฐานที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งที่ค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษากลุ่มเก่งมีแนวโน้มของพัฒนาการในการเรียนรู้สูงกว่านักศึกษากลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน (ภาพประกอบ 3) โดยแนวโน้มดังกล่าวมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงถึง 0.99 นั้นหมายความว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์นี้มีความสอดคล้องในเชิงการแปรผันตรงของระดับความสามารถของผู้เรียนที่มีต่อระดับความก้าวหน้าทางการเรียนเรียนสูงมากถึงร้อยละ 99 ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL นี้เหมาะแก่การส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีพื้นฐานความสามารถในการเรียนสูงได้ดี เนื่องจากการเรียนรู้แบบ RBL นี้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะทำให้ให้นักศึกษาได้นำความรู้พื้นฐานไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ๆ (Ghani, Ibrahim, Yahaya, & Surif, 2017) ช่วยต่อยอดและส่งเสริมทักษะทางปัญญาของผู้เรียนซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นสูง (High Order Thinking; HOT) (Zohar & Dori, 2003) ทั้งการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ (Ramsiri & Nillapun, 2015; Zohar & Dori, 2003)

3. ความพึงพอใจของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL โดยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทุกด้าน และเมื่อพิจารณาความพึงพอใจเป็นรายด้านก็พบว่านักศึกษากลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเกือบทุกด้านเช่นกัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ramsiri & Nillapun (2015) ที่บ่งชี้ว่าการเรียนรู้ด้วยกระบวนการลงมือปฏิบัติสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนมีความสุข สนุกสนาน ไม่เบื่อหน่าย มีอิสระในการคิดและการ

ลงมือปฏิบัติ ทั้งยังสามารถส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วย (Khumraksa & Ruksakit, 2019; Sriwongsa, Chaemlek, Panyajirawut, & Jeankulprasert, 2020) อย่างไรก็ตามผลการสะท้อนความพึงพอใจในประเด็นเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.86$ S.D. = 0.83) ความคิดเห็นของนักเรียนคนหนึ่งสะท้อนว่า

“อยากให้เพิ่มระยะเวลาการทำกิจกรรมบางกิจกรรม เช่น การทดลอง ต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควรค่ะ” (S30)

แสดงให้เห็นว่าการเปิดโอกาสในนักเรียนได้ลงมือทำวิจัยด้วยกิจกรรมการสืบเสาะแบบเปิดนี้ จำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการทำกิจกรรมประมาณหนึ่ง สอดคล้องกับข้อเสนอแนะจากงานวิจัยของ Tomasik และคณะ (2014) ที่เสนอว่าผู้สอนที่ใช้วิธีการเรียนการสอนแบบ RBL ต้องวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นอย่างดี มีการกำหนดสัดส่วนของเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมในชั้นเรียน และกิจกรรมนอกห้องเรียน (การทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือการลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูล เป็นต้น) ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ให้นักศึกษามีเวลาที่เพียงพอในการดำเนินงานวิจัย ทั้งนี้กิจกรรมการสืบเสาะแบบเปิด ผู้สอนไม่สามารถคาดเดาได้ว่า ในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่ได้อยู่ในห้องเรียน นักเรียนอาจจะพบกับอุปสรรคใด ๆ ที่คาดไม่ถึง อาจต้องใช้เวลาในการคิดและแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น หรืออาจจะต้องใช้เวลาในการกลับมาทบทวนเอกสาร และขอคำปรึกษาจากผู้สอนเพื่อจะได้เตรียมดำเนินงานขั้นต่อ ๆ ไปซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติของวัฏจักรการสืบเสาะ (Ladachart & Ladachart, 2019)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1) ผลจากการวิจัยครั้งนี้สามารถยืนยันได้ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ RBL เป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษาศรีวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนการ

สอนดังกล่าวจะทำให้ให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติและทำกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบนักวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Implicit Inquiry-Oriented Instruction) เอื้อให้นักศึกษาเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เกิดความคิดรวบยอดในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และสามารถพัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ได้

2) การนำกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้แก่ นักศึกษา ควรให้นักศึกษาได้ทำวิจัยในประเด็นที่มีคุณค่าต่อการเนิ่นชีวิตประจำวันของนักศึกษา หรือก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนของนักศึกษาเอง หรืออาจจะเป็นการทำวิจัยที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยใหญ่ที่เอื้อให้นักศึกษาได้เห็นถึงประโยชน์ของการทำวิจัย และเปิดโลกทัศน์ให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจ เห็นภาพการทำงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่เป็นจริง

3) ในสถานการณ์จริงของชั้นเรียน นักศึกษามักหลงลืมความรู้เดิมที่เคยเรียนมาก่อนหน้า ส่งผลให้เกิดอุปสรรคคิดขวาง เมื่อนักศึกษาเหล่านั้นต้องเริ่มต้นทำโครงการวิจัยหัวข้อใหม่ ดังนั้น ผู้สอนจึงจำเป็นต้องทบทวนความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานให้แก่ นักศึกษาเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาตระหนักนึกได้ หรือแม้กระทั่งการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์ หลังจากที่ได้ผู้สอบมอบหมายงานให้นักศึกษาไปปฏิบัติในสัปดาห์ก่อนหน้า เมื่อกลับมาพบกันในห้องเรียนครั้งถัดไป ผู้สอนก็ควรให้นักศึกษาได้นำเสนอความก้าวหน้าของผลการดำเนินงานที่ผ่านมา ทั้งนี้เพื่อให้นักศึกษาได้ทบทวนตนเองว่าพวกเขาได้ดำเนินการวิจัยส่วนใดไปแล้วบ้าง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) งานวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Designed Research) ซึ่งมิได้มีการสุ่มและกำหนดกลุ่มควบคุมในการทดลอง จึงอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error) หรือเกิดอคติขัดแย้งของผลการวิจัยเนื่องจากปัจจัยแทรกซ้อนภายนอก ฉะนั้นจึงขอเสนอแนะว่า การพัฒนาต่อยอดโครงการ

วิจัยในอนาคตควรมีการออกแบบแผนการวิจัยให้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริง (True Experimental Research Design) ซึ่งมีการกำหนดกลุ่มควบคุมในการวิจัยด้วย

2) ในวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีโครงสร้างตามกรอบเนื้อหาที่อยู่ในคำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่มีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และสามารถครอบคลุมเนื้อหาได้ดี ทว่าข้อจำกัดของแบบทดสอบดังกล่าวมีแนวโน้มที่วัดความรู้ระดับ “ความจำ” มากกว่า และมีโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะเดาคำตอบได้ และอาจทำข้อสอบได้ถูกต้องโดยที่ไม่ได้เข้าใจเนื้อหาอย่างถ่องแท้ ดังที่ปรากฏให้เห็นว่าในผลการวิจัยนี้ว่ามีผู้เรียนบางคนมีคะแนนสอบก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียน เป็นต้น ดังนั้นจึงขอเสนอแนะว่า ในการวิจัยครั้งต่อไปที่มุ่งเน้นพัฒนา

ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้หรือพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ควรใช้การวิธีการทดสอบที่หลากหลายหรือใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ระดับคือ ให้เลือกตอบจากตัวเลือก และให้เขียนเหตุผลที่เลือกตอบข้อนั้น ซึ่งคำตอบของผู้เรียนแสดงข้อมูลเชิงคุณภาพที่ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรอบรู้และเข้าใจในสาระวิชาหรือหัวข้อนั้น ๆ ลึกซึ้งเพียงใด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ไว้ ณ โอกาสนี้

References

- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Arico, F., Gillespie, H., Lancaster, S., Ward, N., & Ylonen, A. (2018). Lessons in learning gain: Insights from a pilot project. *Higher Education Pedagogies*, 3(1), 249-265.
- Bonney, K. M. (2015). Case study teaching method improves student performance and perceptions of learning gains. *Journal of microbiology & biology education*, 16(1), 21-28.
- Brew, A., & Saunders, C. (2020). Making sense of research-based learning in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 87(102935), 1-11.
- Chaidech, T., Chanunan, S., & Chaiyasit, W. C. (2017). Development of collaborative problem solving competency using research-based learning according to STEM education in fossil fuels and products. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 8(1), 51-66. [in Thai]
- Colt, H. G., Davoudi, M., Murgu, S., & Zamanian Rohani, N. (2011). Measuring learning gain during a one-day introductory Bronchoscopy course. *Surgical Endoscopy*, 25(1), 207-216.
- Dewey, J. (1986). Experience and Education. *The Educational Forum*, 50(3), 241-252.
- Fisher, G. R., Esparza, D., & Olimpo, J. T. (2019). Place-based case studies: A new approach to an effective teaching practice. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 20(1), 1-9.
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543-566.

- Ghani, I. B. A., Ibrahim, N. H., Yahaya, N. A., & Surif, J. (2017). Enhancing students' HOTS in laboratory educational activity by using concept map as an alternative assessment tool. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 849-874.
- Ketchatturat, J. (2017). *Method and tools for students' learning assessment*. KKU Printing House. [in Thai]
- Khumraksa, B., & Ruksakit, P. (2019). Improvement of science process skills by using research-based instruction on soil properties for the 2nd grade students in a Municipal School, Surat Thani. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 10(1), 14-29. [in Thai]
- Khumraksa, B., & Raksamrun, P. (2020). A Study of the understanding of scientific method of science student teachers who experienced in research-based learning activity. *Kasetsart Educational Review*, 35(1), 48-56. [in Thai]
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2017). From 5Es inquiry cycle towards theory-directed inquiry. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 8(2), 436-448. [in Thai]
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2019). On nature of scientific hypotheses and its implications for science teaching and learning. *Journal of Education Naresuan University*, 22(1), 355-365. [in Thai]
- Lakdawala, V., Zahorian, A., González, O., Kumar, H. A., & Leath, J. F. (2002). *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. ASEE. <https://peer.asee.org/collections/7>.
- Laugsch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94.
- Millar, R. (2006). Twenty first Century Science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Miller, K., Lasry, N., Reshef, O., Dowd, J., Araujo, I., & Mazur, E. (2010). Losing it: The influence of losses on individuals' Normalized Gains. *AIP Conference Proceedings*, 1289(1), 229-232.
- Poonyawatpornkul, J., & Luksameevanish, V. (2019). Development of scientific understanding using high speed video analysis technique: Case study on projectile motion. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 30(1), 71-84. [in Thai]
- Pukiat, L. (2009). Project-based teaching and research-based teaching: Work that elementary teachers can do. SAHA & Sons Printing. [in Thai]
- Ramsiri, R., & Nillapun, M. (2015). The development of science instructional model by using research-based to enhance research skills, creative problem-solving skills and scientific minds of secondary school students. *Silpakom Educational Research Journal*, 7(1), 110-122. [in Thai]
- Rattanaprom, W. (2018). Research-based learning; RBL. *Suratthani Rajabhat Journal*, 5(2), 37-60. [in Thai]

- Sriwongsa, K., Chaemlek, O., Panyajirawut, P., & Jearnkulprasert, N. (2020). Study of learning achievement scientific process skills and attitude towards Physics in topic of Nuclear Physics of Mathayomsuksa 6 students by learning management using the research-based learning. *Journal of Education Silpakorn University*, 18(1), 135-152. [in Thai]
- Sugano, S. G. C., & Nabua, E. B. (2020). Meta-analysis on the effects of teaching methods on academic performance in Chemistry. *International Journal of Instruction*, 13(2), 881-894.
- Sumbawati, M. S., & Anistyasari, Y. (2018). The impact of research-based learning on student's academic performance and motivation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 296, 012043.
- Tomasik, J. H., Cottone, K. E., Heethuis, M. T., & Mueller, A. (2013). Development and preliminary impacts of the implementation of an authentic research-based experiment in general Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 90, 1155-1161.
- Tomasik, J. H., LeCaptain, D., Murphy, S., Martin, M., Knight, R. M., Harke, M. A., & et al. (2014). Island explorations: Discovering effects of environmental research-based lab activities on analytical chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 91, 1887-1894.
- Turner, R. C., & Carlson, L. (2003). Indexes of item-objective congruence for multi-dimensional items. *International Journal of Testing*, 3(2), 163-171.
- Van Uum, M. S. J., Verhoeff, R. P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: Towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450-469.
- Wilson, K. J., & Rigakos, B. (2016). Scientific process flowchart assessment (SPFA): A method for evaluating changes in understanding and visualization of the scientific process in a multidisciplinary student population. *CBE-Life Sciences Education*, 15(4), 1-14.
- Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive? *Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 145-181.