



Research Article

AN INNOVATIVE TEACHER PROFESSIONAL DEVELOPMENT FOR LEARNING MANAGEMENT PROMOTING ENVIRONMENTAL SCIENCE LITERACY

นวัตกรรมพัฒนาครูเพื่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม

Received: January 4, 2024

Revised: March 5, 2024

Accepted: March 7, 2024

Sirinapa Kijkuakul¹ and Thitiya Bongkotphet^{2*}

สิรินภา กิจเกื้อกูล¹ และธิติยา บงกชเพชร^{2*}

^{1,2}Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

^{1,2}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

*Corresponding Author, E-mail: thitiyab@nu.ac.th

Abstract

This is a multi-phase mixed-method study that aimed to build an innovation for teacher development in learning management that promoted scientific literacy within environmental contexts by 1) exploring teaching and learning situations among 346 teachers in Thailand's Lower North region and then 2) developing the innovation through a collaborative effort involving six teachers and educational personnel. Also, the research included: 3) studying a way of transferring knowledge and experience from the innovation to 117 teachers; and 4) monitoring 12 voluntary teachers' implementation of the innovation. Research instruments include an online survey, a focus group interview, a workshop evaluation, participant observations, reflective journals, and lesson plans. Mean, percentages, standard deviation, content analysis, and triangulations were used to analyze data, and these indicated that, firstly, their teaching goals incompletely covered scientific literacy, and most of them (>50%) had not had professional development about the literacy. Second, the innovation covers the online workshop with teaching demonstrations that integrate ideas about the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and competencies based on the PISA's scientific literacy. The innovation is at the highest appropriate level, according to experts' evaluations. Consequently, the innovative transformation appeared through the online platform, Zoom Meetings, for four days, and the teachers expressed their satisfaction at the highest level of evaluation. Fourth, seventy-five percent of the volunteers adapted the innovation, i.e., learning activities, for their authentic classrooms. Finally, the research recommended further study of the scientific literacy of pre- and in-service teachers to enhance educational quality in science.

Keywords: Innovation, Science, Literacy, Environment, Teacher Professional Development

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงผสมผสานนี้เป็นแบบหลายระยะ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างนวัตกรรมที่ช่วยพัฒนาครูให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม โดย 1) สำรวจสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ของครูในเขตภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 346 คน 2) พัฒนานวัตกรรมโดยร่วมมือกับครูและบุคลากรทางการศึกษา จำนวน 6 คน 3) ศึกษาการถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์จากนวัตกรรมไปสู่ครู จำนวน 117 คน และ 4) ติดตามผลการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในชั้นเรียนตามสภาพจริงของครู จำนวน 12 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสำรวจออนไลน์ การสนทนากลุ่ม แบบประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การสังเกตแบบมีส่วนร่วม แบบบันทึกสะท้อนผล และแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์เนื้อหาและการตรวจสอบแบบสามเส้า พบว่า 1) ครูมีเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ยังไม่ครอบคลุมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และมากกว่าร้อยละ 50 ไม่เคยผ่านการอบรมเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ 2) นวัตกรรมที่พัฒนาได้ คือ หลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีกิจกรรมสาธิตการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการแนวคิดเกี่ยวกับความรู้เนื้อหาฐานวิธีสอนและเทคโนโลยี และสมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ PISA นวัตกรรมมีผลการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ที่ระดับมากที่สุด 3) การถ่ายทอดนวัตกรรมทำผ่านระบบ Zoom Meetings เป็นเวลา 4 วัน และครูมีความพึงพอใจที่ระดับมากที่สุด และ 4) ครูร้อยละ 75 สามารถประยุกต์ใช้นวัตกรรมโดยเฉพาะกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนของตนได้ สุดท้ายนี้ขอเสนอแนะการทำวิจัยในอนาคตเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของครูและนิสิตครู เพื่อเตรียมความพร้อมในการยกระดับคุณภาพการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำสำคัญ: นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ ความฉลาดรู้ สิ่งแวดล้อม การพัฒนาวิชาชีพครู

บทนำ (Introduction)

สถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมในศตวรรษที่ 21 ทำให้ประเทศไทยภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2560 – 2570) และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ให้ความสำคัญกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โรคระบาด ภัยธรรมชาติ และความต้องการของมนุษย์ทั้งในด้านอาหาร พลังงาน และน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นจนส่งผลเชิงลบต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม รัฐจึงมีนโยบายส่งเสริมให้คนไทยมีความรู้และทักษะที่เพียงพอสำหรับการดูแลปกป้องสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น การส่งเสริมการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเพื่อควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก การดูแลแหล่งน้ำและอาหารให้มีความมั่นคงมาอยู่ในช่วงวิกฤตสงครามหรือโรคระบาด และการลดปัญหามลพิษทั้งทางน้ำและอากาศ ทั้งนี้เพื่อปกป้องระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญทางสิ่งแวดล้อม (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2017; United Nations Environment, 2011)

ผลการประเมิน “ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์” หรือสมรรถนะในการประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการดำรงชีวิตและแข่งขันทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบันโดยโครงการ PISA (Programme for International Assessment) ตลอด 20 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 2000 ถึง 2022) พบว่า นักเรียนไทย อายุ 15 ปี มีคะแนนความฉลาดรู้ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั่วโลก กล่าวคือ นักเรียนไทยรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิหาคความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนไม่สามารถประเมินความเหมาะสมของการออกแบบการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การเก็บข้อมูลภาคสนาม การจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อน หรือการให้เหตุผลที่เหมาะสมเพื่อประกอบการตัดสินใจได้ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018; Organisation for Economic Cooperation and Development, 2017; 2019; 2023)

การพัฒนาครูให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทสิ่งแวดล้อมในชุมชน อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะ และความตระหนักรู้ที่เพียงพอต่อการปรับตัวเพื่อดูแลตนเองและสิ่งแวดล้อม (Karnpukdee et al., 2019; Khiolueang et al., 2019) แต่กระบวนการพัฒนาครูเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาให้ความสำคัญเฉพาะการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การวัดประเมินผล และการทำข้อสอบออนไลน์ตามแนว PISA (Office of the Basic Education Commission, 2022) ทำให้ครูไม่สามารถเชื่อมความรู้เหล่านี้ลงสู่การปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ ซึ่ง The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2017; 2018) รายงานว่าครูมักจัดการเรียนรู้โดยให้ความสำคัญกับเนื้อหาวิชา (Content Based Learning) มากกว่าความรู้ในเชิงทักษะกระบวนการ การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา การสื่อสารวิทยาศาสตร์โดยใช้ประจักษ์พยาน และการบูรณาการวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่น ส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสในการเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม

Koehler et al. (2014) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับ “ความรู้เนื้อหาทางสาขาวิธีสอนและเทคโนโลยี” หรือ Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจของครูสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้วิทยาศาสตร์ ศาสตร์การสอน (เช่น หลักสูตร แนวทางการจัดการเรียนรู้ การวัดประเมินผล) และเทคโนโลยี (เช่น เทคโนโลยีสารสนเทศ อินเทอร์เน็ต) ที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้ เพื่อการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสภาพจริงของครูและสถานศึกษา ทั้งนี้ กระบวนการถ่ายทอดความรู้สู่ภาคปฏิบัติอาจทำได้โดยการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) ซึ่ง Loucks-Horsley et al. (2010) เสนอแนะว่าต้องมีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน และมีกิจกรรมให้ฝึกปฏิบัติ (hands-on activities) เพื่อสร้างความรู้ใหม่ให้กับผู้เข้ารับการอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนานวัตกรรมที่จะช่วยให้ครูสามารถเชื่อมโยงความรู้สู่ภาคปฏิบัติ สามารถจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษาเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทสถานการณ์ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันได้

วัตถุประสงค์ (Objectives)

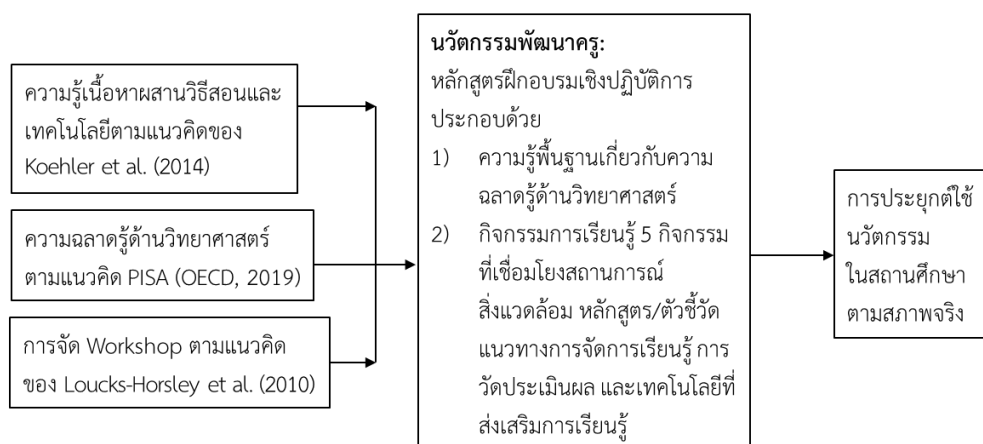
1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของครูในสถานศึกษา
2. เพื่อพัฒนานวัตกรรมพัฒนาครูเพื่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์จากนวัตกรรมไปสู่ครูในสถานศึกษา
4. เพื่อติดตามผลการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในสถานศึกษาตามสภาพจริง

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

Figure 1

Conceptual Framework

กรอบแนวคิดการวิจัย



นิยามศัพท์ (Definition)

นวัตกรรมพัฒนาครู หมายถึง หลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติ (ประกอบด้วย หลักการ จุดมุ่งหมาย โครงสร้างหลักสูตร เนื้อหาและประสบการณ์ วิธีการฝึกอบรม สื่อและแหล่งเรียนรู้ และแนวดำเนินการ) รวมทั้งกิจกรรมสาธิตการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ (พร้อมแผนการจัดการเรียนรู้ในคู่มือครูที่จัดทำขึ้นเป็นตัวอย่าง) จำนวน 5 กิจกรรม ที่ออกแบบโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับความรู้เนื้อหาสาระวิธีสอนและเทคโนโลยีของ Koehler et al. (2014) ครอบคลุมสมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ PISA (OECD, 2019) และสถานการณ์สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การจัดการคุณภาพอากาศ การบริหารจัดการเพื่อความมั่นคงทางน้ำ ความมั่นคงทางอาหาร และการจัดการขยะเป็นศูนย์

การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในสถานศึกษาตามสภาพจริง หมายถึง การนำความรู้ ประสบการณ์ และ/หรือแผนการจัดการเรียนรู้ (ในคู่มือครู) ที่ครูได้รับการเข้าร่วมหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ไปวางแผนและปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของตน การประยุกต์ใช้ตรวจสอบได้โดยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม แบบบันทึกสะท้อนผล และแผนการจัดการเรียนรู้ของครู

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

งานวิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงผสมผสานหลายระยะ (Creswell & Clark, 2011) ทั้งหมด 4 ระยะ ดังนี้

1. ผู้มีส่วนร่วมวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหา ผู้มีส่วนร่วมวิจัย ได้แก่ ครู ที่ตอบแบบสำรวจออนไลน์ผ่าน Google form และยินดีให้ข้อมูลกับงานวิจัย จำนวน 346 คน ในเขตภาคเหนือตอนล่าง

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมแบบร่วมมือ ผู้มีส่วนร่วมวิจัย ได้แก่ ครู จำนวน 5 คน ศึกษานิเทศก์ จำนวน 1 คน และอาจารย์มหาวิทยาลัย จำนวน 3 คน ที่มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มากกว่า 5 ปี และยินดีเข้าร่วมการพัฒนานวัตกรรมผ่าน Zoom Meetings

ระยะที่ 3 การถ่ายทอดนวัตกรรม ผู้มีส่วนร่วมวิจัย ได้แก่ ครู ที่ยินดีและลงทะเบียนเข้าร่วมโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแบบออนไลน์ผ่าน Zoom Meetings จำนวน 117 คน

ระยะที่ 4 การติดตามผลการใช้นวัตกรรมในสถานศึกษาตามสภาพจริง ผู้มีส่วนร่วมวิจัย ได้แก่ ครู ที่ผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในระยะที่ 3 และยินดีให้ผู้วิจัยสังเกตการสอนในชั้นเรียนตามสภาพจริง จำนวน 12 คน

หมายเหตุ ครู ที่เข้าร่วมการวิจัยเป็น ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนขยายโอกาสหรือโรงเรียนมัธยมศึกษาในเขต 9 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ได้แก่ พิชญ์โลก พิจิตร สุโขทัย กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ ตาก นครสวรรค์ และอุทัยธานี

2. เครื่องมือวิจัย

2.1 แบบสำรวจออนไลน์

เป็นแบบสอบถามผ่าน Google form มีลักษณะเป็น rating scale ใช้ตรวจสอบการรับรู้สภาพปัญหาของครู 5 ประเด็น ประยุกต์ตามแนวคิดของ PISA (OECD, 2017; 2023) ได้แก่ 1) เป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2) การปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ 3) พฤติกรรมนักเรียนที่สอดคล้องกับผู้ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ 4) ความเข้าใจในบริบททางสิ่งแวดล้อม และ 5) การพัฒนาวิชาชีพครูเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ รวม 44 ข้อ นอกจากนี้ยังมีคำถามเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่ครูสนใจ ผลการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ได้แก่ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 คน และผู้บริหารสถานศึกษาวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ 1 คน พบว่า มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.00

2.2 การสนทนากลุ่ม

เป็นคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์และสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม การสนทนากลุ่มดำเนินการผ่านระบบออนไลน์ Zoom Meetings ใช้เวลา 60 นาที ผู้วิจัยหลักทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินการสนทนากลุ่ม จุดประเด็นการสนทนา และเชิญให้ผู้มีส่วนร่วมวิจัยพูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมร่วมกับข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจออนไลน์

2.3 แบบประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

มี 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อสอบแบบถูกผิด 10 ข้อ ถามเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ และตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เป็นแบบ rating scale สำหรับให้ผู้เข้าอบรมทำหลังการอบรม แบบประเมินนี้ทำผ่าน Google form ผลการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ได้แก่ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 คน และผู้บริหารสถานศึกษาวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ 1 คน พบว่า มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.00

2.4 การสังเกตแบบมีส่วนร่วม

ผู้วิจัย 2 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตแบบ Observer as Participant โดยจดบันทึกรายละเอียดในแบบสังเกตกิจกรรมที่ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการสังเกตการจัดการเรียนรู้ เช่น ชื่อสกุล (นามสมมติ) ของครู และผู้สังเกต เรื่องที่สอน ระดับชั้น โรงเรียน วัน เดือน ปีและเวลาที่สังเกต เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ ส่วนที่ 2 การปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนตามสภาพจริง ซึ่งเป็นแบบ Rating Scale และส่วนที่ 3 พื้นที่ให้บันทึกรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับหลักฐาน สถานการณ์ที่ปรากฏขึ้นจริงในชั้นเรียน ข้อดี-ข้อเสีย และข้อเสนอแนะ นอกจากนี้มีการถ่ายภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อนำมาตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

2.5 แบบบันทึกสะท้อนผล

มีคำถามแบบอัตนัยให้เขียนตอบ ใช้สำหรับการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) โดยเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมวิจัยเขียนสะท้อนประสบการณ์การจัดการเรียนรู้หลังการนำนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนจริง ประเด็นการสะท้อนผล

ได้แก่ การเตรียมสอน เป้าหมายการจัดการเรียนรู้ ความฉลาดรู้ของนักเรียน กิจกรรม ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข สิ่งที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

2.6 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบแบบสามเส้าเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เพื่อความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจริง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผู้วิจัยใช้แบบสำรวจออนไลน์ สํารวจสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของครูในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง โดยประชาสัมพันธ์ผ่าน Facebook และทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ไปยังเขตพื้นที่การศึกษา ผู้วิจัยเปิดรับแบบสำรวจออนไลน์เป็นเวลา 10 สัปดาห์ จนกระทั่งข้อมูลถึงจุดอิ่มตัว (Saturated Point) ซึ่งพบว่า มีครูตอบแบบสำรวจออนไลน์ผ่าน Google form จำนวน 380 คน โดยมีครูที่ยินดีให้ใช้ข้อมูลสำหรับการวิจัย จำนวน 346 คน

3.2 ครู 5 คน (หรือ T01-T05) และศึกษานิเทศก์ (หรือ SV01) เข้าร่วมการสนทนากลุ่ม เป็นเวลา 60 นาที เพื่อแสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับสภาพปัญหาและแนวทางพัฒนานวัตกรรม จากนั้นร่วมมือกับผู้วิจัยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ 5 เรื่อง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การจัดการคุณภาพอากาศ การบริหารจัดการเพื่อความมั่นคงทางน้ำ ความมั่นคงทางอาหาร และการจัดการขยะ (Zero Waste) เมื่อได้กิจกรรมครบแล้ว ผู้วิจัยพัฒนาต่อยอดเป็นหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและคู่มือการจัดการเรียนรู้ (หรือคู่มือครู) ซึ่งใช้เป็นนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาครู การพัฒนานวัตกรรมนี้เป็นแบบร่วมมือ (collaboration) ซึ่งต่อมาผู้วิจัยนำเสนอโครงการให้อาจารย์มหาวิทยาลัย จำนวน 3 คน ได้แก่ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 คน และอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงนวัตกรรม การพัฒนานวัตกรรมใช้เวลารวมทั้งสิ้น 14 สัปดาห์

3.3 ผู้วิจัยนำหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้เพื่อการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้กับครูในสถานศึกษาผ่านระบบออนไลน์ Zoom Meetings ในหัวข้อเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์เรื่องสิ่งแวดล้อม ระหว่างวันที่ 25 – 28 เมษายน 2566 มีผู้สนใจยินดีเข้าร่วมโครงการ จำนวน 261 คน แต่มาเข้าร่วมลงทะเบียนในวันจริง จำนวน 117 คน ทั้งนี้ผู้เข้าอบรมจะทำแบบประเมินผลหลังการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เมื่อเสร็จสิ้นการฝึกอบรมผู้วิจัยประชาสัมพันธ์หาครูอาสาสมัครที่ยินดีให้ผู้วิจัยติดตามผลการอบรม ณ สถานศึกษาในชั้นเรียนจริง

3.4 ผู้วิจัยทั้ง 2 คน เข้าสังเกตชั้นเรียนตามที่นัดหมายกับครูอาสาสมัคร 12 คน โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตแบบมีส่วนร่วม (observer as participant) การสังเกตแต่ละครั้งใช้เวลา 1 คาบเรียน (50-60 นาที) และใช้แบบสังเกตกึ่งโครงสร้างเพื่อบันทึกและประเมินระดับการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ก่อนเริ่มสังเกตครูส่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในคาบเรียนนั้นให้กับผู้วิจัย หลังหมดคาบเรียนผู้วิจัยและครูร่วมกันสะท้อนผล เป็นเวลา 20-30 นาที จากนั้นครูทำแบบบันทึกสะท้อนผล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบสำรวจออนไลน์ แบบประเมินผลการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ และแบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง ใช้การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การแจกแจงความถี่ และคำนวณค่าร้อยละ (%)

4.2 การแปลผลค่าเฉลี่ยแบ่งเป็นระดับ เช่น ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแบ่งเป็น 5 ระดับตามช่วงความกว้างของอันตรภาคชั้น (Vanichbuncha, 1997) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80	หมายถึง ควรปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60	หมายถึง พอใช้

ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 หมายถึง มาก

ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 หมายถึง มากที่สุด

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากลุ่ม แบบบันทึกสะท้อนผล และแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) โดยจัดระเบียบข้อมูลทำเป็นบันทึกภาคสนาม เพื่อให้สะดวกแก่การวิเคราะห์และตีความข้อมูล จากนั้นกำหนดรหัส (coding) และจำแนกกลุ่มข้อมูล (categorizing) เป็นองค์ประกอบต่างๆ ดังตัวอย่างใน Table 1

4.4 นำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาสรุปและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Trustworthiness) ด้วยการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Method Triangulation) โดยใช้เครื่องมือวิจัยที่หลากหลายตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น แบบสำรวจออนไลน์กับการสนทนากลุ่ม การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งการตรวจสอบแบบ researcher triangulation เช่น การให้ผู้วิจัยทั้ง 2 คน สังเกต วิเคราะห์ และอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน

Table 1

Examples of Codes and Qualitative Data

ตัวอย่างรหัสและข้อมูลเชิงคุณภาพ

กลุ่ม (categories)	รหัส (Codes)	ความหมาย	ตัวอย่างข้อมูล
ความฉลาดรู้ด้าน วิทยาศาสตร์	USL	ความเข้าใจในความ	“นักเรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน” (T01, 28 ม.ค. 66) “...พื้นฐานหรือครอบครัว และเศรษฐกิจที่บ้านของนักเรียน ครอบครัวที่มีเศรษฐกิจดี จะสนับสนุนให้เด็กมีวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่ดี” (SV 01, 28 ม.ค. 66)
	(Understanding of Scientific Literacy)	ฉลาดรู้ด้าน	
	FSL	ปัจจัยที่ส่งเสริมความ	
	(Factors support Scientific Literacy)	ฉลาดรู้ด้าน	
บริบท/สถานการณ์ใน ชีวิตประจำวัน	EC (Environmental Circumstance)	สถานการณ์สิ่งแวดล้อม	“การเผาอ้อยที่นำมาซึ่งปัญหาฝุ่นละออง เป็นสถานการณ์ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นทุกปี” (T02, 28 ม.ค. 66)
แหล่งเรียนรู้ในชุมชน	SLR	แหล่งเรียนรู้ทาง	“กัณฑ์ลม จังหวัดเพชรบูรณ์ บ่อน้ำพุร้อนพระร่วง จังหวัดกำแพงเพชร และน้ำพุร้อนบ้านสมอทอง จังหวัดอุทัยธานี” (SV 01, 28 ม.ค. 66)
	(Science Learning Resources)	พลังงานและ สิ่งแวดล้อมใน ภาคเหนือตอนล่าง	

ผลการวิจัย (Results)

ระยะที่ 1 สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของครูในสถานศึกษา มีประเด็นดังนี้

1.1 เป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ครู มองว่าเป้าหมายสูงสุดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ การเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ($\bar{x} = 3.52$, S.D. = 0.60) รองลงมาคือการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติและบรรยายสิ่งที่สังเกตได้ และการส่งเสริมให้นักเรียนรู้ข้อเท็จจริงและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้ ครูมองว่าการจัดประสบการณ์ให้กับนักเรียนที่มี

ความแตกต่างกันทางเชื้อชาติหรือวัฒนธรรม ($\bar{x} = 2.76$, S.D. = 0.96) และการบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับศาสตร์สาขาวิชาอื่นๆ ($\bar{x} = 3.24$, S.D. = 0.66) มีความสำคัญในระดับปานกลาง

1.2 ด้านการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ครู มีการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับบ่อยครั้ง แต่ไม่ได้ปฏิบัติเป็นประจำ เช่น มีการนำสถานการณ์ในชีวิตประจำวันมาใช้ในการจัดการเรียนรู้และอำนวยความสะดวกในการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์เหล่านั้น ($\bar{x} = 3.23$, S.D. = 0.69) โดยใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ($\bar{x} = 3.20$, S.D. = 0.60) ทั้งนี้สิ่งที่ครูปฏิบัติน้อยที่สุด คือ การสนับสนุนให้นักเรียนได้วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และนำเสนอข้อมูลอย่างเหมาะสม ($\bar{x} = 2.95$, S.D. = 0.69) รวมทั้งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ($\bar{x} = 2.94$, S.D. = 0.74)

1.3 ด้านพฤติกรรมนักเรียน

ในชั้นเรียนนักเรียนมีพฤติกรรมที่สอดคล้องกับการเป็นผู้มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับบ่อยครั้ง ($\bar{x} = 2.60$, S.D. = 0.68) แต่ไม่ได้ปฏิบัติเป็นประจำ เช่น นักเรียนทำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้ ทั้งนี้พฤติกรรมของนักเรียนสอดคล้องกับระดับปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ของครูที่ไม่ได้ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องหรือปฏิบัติเป็นประจำ ทำให้มีเพียงบางครั้งที่นักเรียนจะสามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่มาจากพิจารณาสิ่งอื่นๆ ได้ ($\bar{x} = 2.50$, S.D. = 0.66) รวมทั้งนักเรียนสามารถทำการแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งได้เพียงบางครั้งบางคราวเท่านั้น ($\bar{x} = 2.50$, S.D. = 0.67)

1.4 ด้านความเข้าใจในบริบททางสิ่งแวดล้อม

ครู มีความเข้าใจในประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.35$, S.D. = 0.82) ซึ่งประเด็นที่ครูเข้าใจน้อยที่สุด ได้แก่ การจัดการคุณภาพอากาศ ความมั่นคงทางน้ำ และความมั่นคงทางอาหาร ตามลำดับ ทั้งนี้ครูมองว่าตนเองมีความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการจัดการขยะ ซึ่งเป็นประเด็นที่พบได้บ่อยในหนังสือเรียน

1.5 ด้านการพัฒนาวิชาชีพครูเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

ครู มากกว่าร้อยละ 50 ไม่เคยได้รับการอบรมหรือเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การออกข้อสอบ (PISA Like) และระบบ PISA Style Online Testing สำหรับการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ ผลการสำรวจยังพบว่า ครู ต้องการเข้าร่วมกิจกรรมหรือการอบรมเพื่อพัฒนาวิชาชีพของตนผ่านระบบออนไลน์ (Online) มากที่สุด รองลงมาคือแบบผสมผสานทั้งในและนอกที่ตั้ง (Hybrid) และแบบในที่ตั้ง (Onsite) ตามลำดับ

ระยะที่ 2 นวัตกรรมพัฒนาครูเพื่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อม

นวัตกรรมพัฒนาครู คือ หลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่ประกอบด้วย หลักการ จุดมุ่งหมาย โครงสร้างหลักสูตร เนื้อหาและประสบการณ์ วิธีการฝึกอบรม สื่อและแหล่งเรียนรู้ แนวดำเนินการ การประเมินผลการฝึกอบรม ทั้งนี้ผลการประเมินนวัตกรรมมีความเหมาะสมอยู่ระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.73$, S.D. = 0.45)

ภายใต้โครงสร้างหลักสูตร ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะใช้เวลาเรียนผ่านระบบออนไลน์ Zoom Meetings ทั้งหมด 21 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่

ช่วงที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (3 ชั่วโมง) และสถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การจัดการคุณภาพอากาศ การบริหารจัดการเพื่อความมั่นคงทางน้ำ ความมั่นคงทางอาหาร และการจัดการขยะเป็นศูนย์ (3 ชั่วโมง) รวมจำนวน 6 ชั่วโมง

ช่วงที่ 2 การประยุกต์สู่การจัดการเรียนรู้ 5 กิจกรรม ๆ ละ 3 ชั่วโมง รวมจำนวน 15 ชั่วโมง ทั้งนี้แต่ละกิจกรรมจะสาธิตการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ และแสดงผลการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างตัวชี้วัด/หลักสูตร สถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อม ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ PISA (ครอบคลุม 3 สมรรถนะ ได้แก่ อธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์) เนื้อหาความรู้และสถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อม ผังมโนทัศน์ และแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ รวมทั้งให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมในบทบาทของผู้เรียน ดังรายละเอียดใน Table 2

Table 2

Learning Management Approach for Environmental Issues

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามสถานการณ์สิ่งแวดล้อม

เรื่อง/สถานการณ์	แนวทาง การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมและประสบการณ์ สำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง 1 การเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม (STSE)	- ฟังบรรยาย/ถาม-ตอบ - วิเคราะห์หลักสูตร/ตัวชี้วัด/สมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ - ทำกิจกรรมปฏิบัติการ : วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของคลื่นความร้อนที่มีต่อพืชผลทางการเกษตร ภาวะโลกร้อน การแปรปรวนของสภาพอากาศ จากคลิป YouTube กราฟ และแผนภูมิ
เรื่อง 2 การจัดการ คุณภาพอากาศ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การ สืบเสาะแบบโต้แย้ง (Argument driven inquiry)	- ฟังบรรยาย/ถาม-ตอบ - วิเคราะห์หลักสูตร/ตัวชี้วัด/สมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ - สืบค้นข้อมูลสำหรับการสร้างข้อกล่าวอ้าง หาหลักฐาน และให้เหตุผล เกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม - ทำกิจกรรมปฏิบัติการ : สร้างข้อโต้แย้งเกี่ยวกับวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเหมาะกับชุมชน
เรื่อง 3 การบริหารจัดการ เพื่อความมั่นคงทางน้ำ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็น ฐาน (Context based learning)	- ฟังบรรยาย/ถาม-ตอบ - วิเคราะห์หลักสูตร/ตัวชี้วัด/สมรรถนะของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ - วิเคราะห์สภาพปัญหาวิกฤตแม่น้ำป่าสักที่ต้นเขินและมีการปนเปื้อนสารเคมีบางช่วงเวลา - สืบค้นข้อมูลเพื่อเสนอแนะแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืน

เรื่อง/สถานการณ์	แนวทาง การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมและประสบการณ์ สำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
		● ทำกิจกรรมปฏิบัติการ : สร้างแบบจำลองเครื่องกรองน้ำสำหรับชุมชน ● นำเสนอผลงานทาง Padlet
เรื่อง 4 ความมั่นคงทางอาหาร	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process in STEM Education)	● ฟังบรรยาย/ถาม-ตอบ ● วิเคราะห์หลักสูตร/ตัวชี้วัด/สมรรถนะของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ● สืบค้นข้อมูลสำหรับการออกแบบ ● ทำกิจกรรมปฏิบัติการ : ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับออกแบบวิธีการปลูกพืชทางรอดในยามวิกฤต เช่น น้ำท่วม โรคระบาด ● นำเสนอผลงานทาง Padlet
เรื่อง 5 การจัดการขยะเป็นศูนย์	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem based learning in STEM Education)	● ฟังบรรยาย/ถาม-ตอบ ● วิเคราะห์หลักสูตร/ตัวชี้วัด/สมรรถนะของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ● วิเคราะห์สถานะปัญหาขยะในประเทศไทย และศึกษาแนวทางการกำจัดขยะของประเทศสิงคโปร์ ● ทำกิจกรรมปฏิบัติการ : การสร้างสิ่งประดิษฐ์ (ของเล่นของใช้) จากขยะพลาสติก ● นำเสนอผลงานทาง Padlet

ระยะที่ 3 กระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์จากนวัตกรรมไปสู่ครูในสถานศึกษา

ผู้วิจัยใช้นวัตกรรมหลักสูตรการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและกิจกรรมสาธิตการจัดการเรียนรู้ จัดอบรมผ่าน Zoom

Meetings ระหว่างวันที่ 25 – 28 เมษายน 2566 รวม 4 วัน ให้กับครู จำนวน 117 คน

Figure 2

A STEM-Education Workshop Activity

ตัวอย่างกิจกรรมการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแบบสะเต็มศึกษา



Figure 2 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในสถานการณ์เรื่องความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครูผู้เข้าอบรมนำเสนอผลงานการออกแบบวิธีการปลูกพืชทางรอดผ่านทาง Padlet

ผลการถ่ายทอดนวัตกรรมการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการผ่าน Zoom Meetings พบว่า

1. ครูจำนวน 83 คน (คิดเป็นร้อยละ 71 ของจำนวนผู้เข้าอบรมทั้งหมด) ที่ยินดีทำแบบประเมินผลหลังการฝึกอบรม มีความรู้เกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ($\bar{x} = 7.98$, S.D. = 1.16)

2. ครูมีความพึงพอใจต่อการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่ระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.73$, S.D. = 0.50) ดังรายละเอียดใน

Table 3

Table 3

Participants' Satisfaction of the Workshop

ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลค่า
1	การประชาสัมพันธ์โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ	4.64	0.55	มากที่สุด
2	เอกสารประกอบการอบรม (เช่น PowerPoint)	4.78	0.44	มากที่สุด
3	สื่อ เทคโนโลยี ที่ใช้ประกอบการอบรม (เช่น ใบกิจกรรม app)	4.80	0.44	มากที่สุด
4	ระบบการประชุมแบบออนไลน์ Zoom Meetings	4.67	0.57	มากที่สุด
5	วัน เวลา ที่จัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ	4.49	0.69	มากที่สุด
6	ความรู้ความสามารถของวิทยากร	4.82	0.39	มากที่สุด

ที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลค่า
7	การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างวิทยากรกับผู้เข้าอบรม	4.78	0.44	มากที่สุด
8	เนื้อหาและกิจกรรม ในโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ	4.80	0.46	มากที่สุด
9	ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ (เช่น STEM Education)	4.82	0.42	มากที่สุด
10	ความรู้ ประสบการณ์ ที่ผู้เข้าอบรมได้รับจากโครงการ	4.73	0.47	มากที่สุด
	รวม	4.73	0.50	มากที่สุด

ระยะที่ 4 ติดตามผลการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในสถานศึกษาตามสภาพจริง

ผู้วิจัยติดตามผลการประยุกต์ใช้นวัตกรรมโดยเข้าสังเกตอย่างมีส่วนร่วมในชั้นเรียนจริงแล้วพบว่า ครู จำนวน 12 คน สามารถประยุกต์ใช้นวัตกรรมได้ 4 แบบ ดังนี้

แบบ 1 ครูใช้กิจกรรมจากนวัตกรรม โดยเลือกใช้กิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ในคู่มือครู หรือลดทอนบางส่วน ของกิจกรรมเพื่อลดทอนเวลาในชั้นเรียนจริง จำนวน 2 คน (ร้อยละ 16.67) ได้แก่ T13 T14

แบบ 2 ครูประยุกต์ใช้นวัตกรรม โดยเลือกกิจกรรมจากคู่มือครู จากนั้นเลือกใช้สื่อการเรียนรู้และสถานการณ์ทาง สิ่งแวดล้อมในชุมชนใกล้ตัว แทนตัวอย่างที่นำเสนอไว้ในคู่มือครู จำนวน 4 คน (ร้อยละ 33.33) ได้แก่ T09 T10 T11 T12

แบบ 3 ครูประยุกต์ใช้นวัตกรรม โดยนำความรู้และประสบการณ์จากกิจกรรมในคู่มือครูไปศึกษาต่อด้วยตนเอง จากนั้น ออกแบบกิจกรรมโดยเลือกใช้สื่อและสถานการณ์ปัญหาในชุมชนใกล้ตัว เพื่อจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้ ด้วยตนเอง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 25) ได้แก่ T06 T07 T08

Figure 3

Learning Management for scientific Literacy

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์



Figure 3 แสดงตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของครู (T07) ที่นำรูปแบบ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม (STSE) มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบกิจกรรม

การทดลองทางเคมีเชื่อมโยงกับการกำจัดขยะที่ผลิตจากวัสดุประเภทต่าง ๆ เช่น ยาง ผ้า พลาสติก โลหะ แก้ว เพื่อช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้และสามารถอภิปรายถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อนักเรียนกำจัดขยะด้วยวิธีการเผาขยะชนิดต่างๆ ในชุมชน

แบบ 4 ครูไม่สามารถประยุกต์ใช้นวัตกรรมได้ เพราะมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หรือไม่มีเวลาจัดเตรียมกิจกรรม จำนวน 3 คน (ร้อยละ 25) ได้แก่ T15 T16 T17

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตกิจกรรม ซึ่งมีรายการประเมินการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนตามสภาพจริง โดยมีระดับการประเมินตั้งแต่ “ไม่พบ” “ปรับปรุง” “พอใช้” “ดี” และ “ดีมาก” พบว่า การประยุกต์ใช้นวัตกรรมสำหรับจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียนตามสภาพจริงนั้น ครู ($N=12$) สามารถนำสถานการณ์ในชีวิตประจำวันมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด ($\bar{x} = 3.29$, $S.D. = 0.94$) และสามารถจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 3.17$, $S.D. = 0.75$) อย่างไรก็ตาม ครูสามารถแนะนำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ที่มีความน่าเชื่อถือและรู้จักที่จะปฏิเสธข้อมูลปลอมได้น้อยที่สุดหรือต้องปรับปรุง ($\bar{x} = 1.67$, $S.D. = 1.44$) และครูบางส่วนยังไม่คุ้นเคยกับการสนับสนุนให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ จึงทำได้เพียงในระดับพอใช้ ($\bar{x} = 2.04$, $S.D. = 1.41$)

อภิปรายผล (Discussions)

1. ผลการศึกษาสภาพปัญหาสะท้อนให้เห็นสภาพจริงของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 เป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสภาพปัจจุบันยังไม่ครอบคลุมการส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพราะครูยังมองข้ามการบูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับศาสตร์สาขาวิชาอื่นๆ และไม่ได้ปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์อย่างจริงจังและต่อเนื่อง เช่น การสนับสนุนให้นักเรียนได้วิเคราะห์ แลความหมายข้อมูล การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อการตัดสินใจและแก้ปัญหา และการออกแบบการทดลองด้วยตนเอง สิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจส่งผลต่อเนื่องทำให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเป็นผู้ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพียงบางครั้งบางคราว สอดคล้องกับรายงานผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของโครงการ PISA (IPST, 2017) ที่พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับนานาชาติ กล่าวคือ นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิธีหาความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ และโลกและอวกาศได้ และไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งยังไม่สามารถออกแบบการทดลองเพื่อสำรวจตรวจสอบได้ด้วยตนเอง และไม่สามารถใช้เหตุผลที่เหมาะสมเพื่อประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ที่อยู่ภายนอกห้องเรียนได้

1.2 ความเข้าใจของครูเกี่ยวกับเนื้อหา สถานการณ์สิ่งแวดล้อม และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีผลต่อระดับปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ของครูในชั้นเรียน และส่งผลต่อพฤติกรรมการเป็นผู้ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้ Hanfstingl et al. (2023) และ Walag et al. (2022) อธิบายว่าหากครูไม่เข้าใจหรือมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาและความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ จะส่งผลให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้ครูมีความเข้าใจหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอาจเป็นเพราะครูไม่มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาหรือสำเร็จการศึกษาไม่ตรงสาขา และอาจไม่มีโอกาสได้ฝึกปฏิบัติการสอนในสาขาวิทยาศาสตร์โดยตรง ทำให้ครูไม่สามารถออกแบบกิจกรรมสำหรับเชื่อมโยงเนื้อหากับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หรือความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้ จนเป็นเหตุให้นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม ดังนั้น ผู้กำหนดนโยบายทางการศึกษาและผู้บริหารโรงเรียน จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการบรรจุครูวิทยาศาสตร์เฉพาะทาง เพื่อยกระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1.3 ครูส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมการอบรมเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เช่น แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การออกข้อสอบ (PISA Like) และระบบ PISA Style Online Testing สำหรับการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ข้อค้นพบนี้สะท้อนให้เห็นว่าครูโรงเรียนขยายโอกาสและโรงเรียนมัธยมในเขต 9 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ยังคงขาดโอกาสในการพัฒนาตนเองเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Eze et al. (2022) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าโรงเรียนและมหาวิทยาลัยควรต้องร่วมมือกันพัฒนาครูแบบบูรณาการกับงานประจำ เช่น การทำ coaching/mentoring การทำ study group และ co-teaching โดยไม่ต้องรอโอกาสในการพัฒนาวิชาชีพครูจากภาครัฐซึ่งมักมีไม่เพียงพอและไม่ต่อเนื่อง และต้องส่งเสริมให้ครูมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (life-long learning) เพื่อช่วยให้ครูตามทันเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ทางสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในโลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่นอกหนังสือเรียน

2. การพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่ช่วยให้ครูจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้นั้น จำเป็นต้องให้ครู (ในฐานะผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เข้ารับการอบรม) ศึกษาวิเคราะห์ และอาจารย์มหาวิทยาลัยมีส่วนร่วมในการพัฒนา ทั้งนี้เพื่อให้ได้หลักสูตรที่สอดคล้องกับความต้องการของครูและบริบทของสถานศึกษา (Latimer et al., 2014) รวมทั้งต้องเปิดโอกาสให้ครูผู้เข้าอบรมมองเห็นเบื้องหลังของการวิเคราะห์ วางแผน ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักสูตร/ตัวชี้วัด ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ แนวทางการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และเทคโนโลยีที่ใช้ส่งเสริมการเรียนรู้ (Koehler et al., 2014) รวมทั้งมองเห็นปัญหาอุปสรรคของการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ (สาธิตโดยวิทยากร) อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อช่วยให้ครูนำประสบการณ์ที่ได้รับไปวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของตนได้

3. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการผ่านระบบออนไลน์ซึ่งมีช่องทางสื่อสารระหว่างครูกับวิทยากรเพียงช่องทางเดียว จำเป็นต้องจัดทำ “คู่มือครู” เพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ในกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์จากนวัตกรรมไปสู่ครูในสถานศึกษา (Boulay et al., 2013; Loucks-Horsley et al., 2010) โดยการจัดทำคู่มือครูอาจอยู่ในรูปไฟล์หรือเล่มเอกสาร ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ครูมีแหล่งเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมและสามารถนำมาศึกษาเพิ่มเติมหรือทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเองทั้งในระหว่างและหลังการฝึกอบรม

4. ความสามารถในการประยุกต์ใช้นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ยังขึ้นอยู่กับความเข้มแข็งทางวิชาการของครูทั้งด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยี ครูที่มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องจะสามารถแนะนำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งที่น่าเชื่อถือและรู้จักที่จะปฏิเสธข้อมูลปลอมได้ ในทางกลับกัน หากครูไม่คุ้นเคยกับการสนับสนุนให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ครูจะรู้สึกเป็นกังวลและไม่ปรารถนาจะอำนวยความสะดวกในการอภิปรายเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหาในชุมชนหรือสังคม (Owens & Sadler, 2023) เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เด็กไทยยังคงมีผลการประเมินในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติเป็นระยะเวลามากกว่า 20 ปี

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการที่เน้นการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ให้แก่ครู และให้ความสำคัญกับการจัดกิจกรรมให้ครูได้ฝึกออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาในชุมชนหรือสังคม

1.2 ควรมีการตรวจสอบความรู้เดิมหรือความรู้พื้นฐานของครูเกี่ยวกับเนื้อหาและสถานการณ์ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และความเข้าใจเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนการอบรม จากนั้นจัดกลุ่มครูคละความสามารถเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ทั้งความรู้เนื้อหาและการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 ควรส่งเสริมให้ครูมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (life-long learning) เพื่อช่วยให้ครูตามทันการเปลี่ยนแปลงของโลกทั้งในประเด็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น พลังงานทดแทน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการรวบรวมแหล่งเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ เช่น ภาคเหนือตอนล่าง และมีการปรับปรุงหนังสือเรียนโดยสอดแทรกภาพข่าว แผนภูมิ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจุบัน เพื่อช่วยให้ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้สะดวกยิ่งขึ้น

2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามแนว PISA และสมรรถนะการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของครูหรือนิสิตนักศึกษาครู เพื่อช่วยให้ครูมีความพร้อมในการยกระดับคุณภาพการศึกษาตามเป้าหมายของรัฐบาลยิ่งขึ้น

2.3 ควรติดตามและสำรวจผลการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระยะยาว และขยายขอบเขตของการพัฒนาครูไปสู่โรงเรียนในภูมิภาคที่มีบริบทแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

The authors would like to express our special thanks to all research participants for their time and collaborations. Also, this work was supported by Naresuan University (NU), and National Science, Research and Innovation Fund (NSRF). Grant NO. R2566B090.

References

- Boulay, R., Parisky, A., & Leong, P. (2013). Designing Online Resources in Preparation for Authentic Laboratory Experiences. *International Journal of Design Education*, 6(2), 57-66. Doi: 10.18848/2325-128x/cgp/v06i02/38402
- Eze, E., Nwagu, E. K. N., & Onuoha, J. (2022). Nigerian Teachers' Self-Reported Climate Science Literacy and Expressed Training Needs on Climate Change Concepts: Prospects of Job-Embedded Situative Professional Development. *Science Education*, 106(6), 1535-1567.
- Hanfisting, B., Gnambs, T., Porsch, R., & Jude, N. (2023). Exploring the Association Between Non-Specialised Science Teacher Rates and Student Science Literacy: An Analysis of PISA Data Across 18 Nations. *International Journal of Science Education*. DOI: 10.1080/09500693.2023.2262729
- Kampukdee, L., Sripahol, S., & Yoelao, D. (2019). Development of Interesting Environment Training Packages Enhance the Environmental Awareness of Primary Students. *Journal of Education Research Faculty of Education, Srinakharinwirot University*, 14(2), 13-27.
- Khiaolueang, W., Kijkuakul, S., & Nakkuntod, M. (2019). Using Science Technology Society and Environment (STSE) Approach to Enhance Environmental Literacy in Human and Environmental Sustainability for Twelfth Grade Students. *Journal of Education Naresuan University*, 23(2), 257-268.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T.S., Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In: Spector, J., Merrill, M., Elen, J., Bishop, M. (eds) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York, NY: Springer.

- Latimer, E., Mandi, A., & Mari, K. (2014). Advancing Teachers of Middle School Science (ATOMS2XP): Connecting Science Teachers through a Statewide Professional Learning Community. *International Journal of Adult, Community and Professional Learning*, 20(2), 1-12. Doi: 10.18848/2328-6318/CGP/v20i02/48275.
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics* (3rd ed.). Corwin Press.
- Office of the Basic Education Commission. (2022). Workshop for the Development of Knowledge in “PISA-Style Online Testing” for Teachers through an Online System. Retrieved December 29, 2022, from <https://www.obec.go.th/archives/665652>
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2021). The Thirteenth National Economic and Social Development Plan (2023-2027). Retrieved July 20, 2023, from https://www.nesdc.go.th/article_attach/article_file_20230307173518.pdf
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. Paris: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). “PISA 2018 Science Framework”, in *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing.
- Owen, D. C., & Sadler, T. D. (2023). Socio-Scientific Issues Instruction for Scientific Literacy: 5E Framing to Enhance Teaching Practice. *School Science and Mathematics*, 1-8.
- Thailand Science Research and Innovation (TSRI). (2021). *Plan for Science Research and Innovation 2020-2022 Revision 2022*. Bangkok: S.R. Printing Mass Products Limited Company.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). *Weakness of Thai Educational System*. Retrieved June 16, 2022, from <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2017-19/>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). *How do achieved in-service teachers in school system?* Retrieved June 16, 2022, from <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2018-35/>
- United Nations Environment. (2011). Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable. *Low Carbon World*. Retrieved July 18, 2021, from <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=655&menu=1515>
- Vanichbuncha, K. (1997). *Data analysis with SPSS for Windows*. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Walag, A. M. P., Fajardo, M. T. M., Bacarrisas, P. G., & Guimary, F. M. (2022). A Canonical Correlation Analysis of Filipino Science Teachers' Scientific Literacy and Science Teaching Efficacy. *International Journal of Instruction*, 15(3), 249-266.