

แนวทางการออกแบบกิจกรรมสะเต็มและแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาของครูประจำการ
เมื่อเข้าร่วมประสบการณ์เชิงรุก

In-service Teachers' Approaches in designing STEM activities and Conceptions
of Integrated STEM Education when Engaging in the Active Experiences

ธาฤชพร ประสพลาภ¹ และ กรกนก เลิศเดชาภักดิ์^{2*}

Tharueseon Prasoplarb¹ and Kornkanok Lertdechapat^{2*}

¹ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, Tharueseon.Pr@ku.th
(Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University)

²ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Kornkanok.L@chula.ac.th
(Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University)

บทคัดย่อ

แม้ว่าการบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นกลไกพื้นฐานในการทำงานทางสะเต็มศึกษา แต่พบครูประจำการบางส่วนไม่สามารถออกแบบการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับการทำงานทางสะเต็มศึกษาได้ งานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์แนวทางการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาของครูประจำการ และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษาเมื่อได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกัน ผู้เข้าร่วมการวิจัยคือครูประจำการ 33 คน ได้รับประสบการณ์เชิงรุกผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแผนสะเต็มศึกษา และเพื่อออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา 18 และ 15 คน ตามลำดับ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาและแบบบันทึกภาคสนาม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความเข้าใจการบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยวิเคราะห์ความถี่และร้อยละของความถี่ของคำตอบ ผลวิจัยพบว่า การสะท้อนคิดแบบซัดแจ็งที่มุ่งเน้นมุมมองในการบูรณาการศาสตร์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย ตลอดจนการร่วมประสบการณ์เชิงรุก ส่งผลต่อการพัฒนาความเข้าใจเป้าหมายของสะเต็มศึกษาและการสร้างนวัตกรรม หลังเข้าร่วมการอบรมแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแนวคิดสะเต็มศึกษาสอดคล้องกับธรรมชาติของศาสตร์ที่นำมาบูรณาการ งานวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจติดตามผลการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาของครูหลังจากได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่เน้นการบูรณาการศาสตร์ทางสะเต็ม

คำสำคัญ: การบูรณาการสะเต็มศึกษา ครูประจำการ ประสบการณ์เชิงรุก

ABSTRACT

Since the integrated STEM education is the key drive for completing STEM practice, some in-service teachers could not design and implement the STEM lessons aligned with the nature of STEM practice. This article aims to analyze the in-service teachers' approaches in designing the STEM activities and compare the changes of STEM conceptions when engaging in the different active experiences. Thirty-three participants including 18 and 15 in-service teachers who were assigned to be engaged in developing the STEM lesson plans and designing the STEM activities, respectively. Researchers employed descriptive analysis to analyze the data from the notes of designing the STEM activities and field-notes. Frequencies and percentages of frequency were employed to analyze the data from the questionnaire of conceptions of integrated STEM education. The findings show that promoting in-service teachers' explicit reflection on the integrated STEM education throughout the active experience encourages teachers to comprehend the goals of integrated STEM education as well as the goals for developing the innovation. This study also found that after engaging in the active experiences, STEM conceptions of participants from both groups seemed to align with the nature of the disciplines integrating in STEM education. Further studies may investigate the impacts of two mentioned strategies on the in-service teachers' STEM teaching practices.

KEYWORDS: Integrated STEM education, In-service teachers, Active experiences

**Corresponding author, E-mail: Kornkanok.L@chula.ac.th โทร. 02-218-2565 ต่อ 8144*

Received: 29 October 2022/ Revised: 28 November 2022 / Accepted: 2 December 2022 / Published online: 27 January 2023

บทนำ

ในปัจจุบัน สะเต็มศึกษานับเป็นหนึ่งในแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในบริบทจริง (National Research Council (NRC), 2013; Li, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การบูรณาการสะเต็มศึกษา (Integrated STEM education) ซึ่งเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการสาขาหรือศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไป (Sanders, 2009) เพื่อลดการแยกกันระหว่างสาขาวิชา แม้นิยามของสะเต็มศึกษาในแวดวงวิชาการไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว (Bybee, 2013) ดังนั้น หากจะพิจารณาว่า แนวคิดดังกล่าวเป็นสะเต็มหรือไม่ อาจพิจารณาจากลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ซึ่งนักวิชาการได้ให้มุมมองไว้แตกต่างกัน

Kelly and Knowles (2016) นำเสนอมุมมองของการบูรณาการลักษณะสำคัญของศาสตร์ต่าง ๆ สำหรับสะเต็มศึกษา เชื่อมโยงกับการเรียนรู้ในบริบท ผ่านการดำเนินการด้วยการออกแบบทางวิศวกรรม การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการรู้ เทคโนโลยี และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อทำงานทางสะเต็มศึกษาได้อย่างเป็นระบบ อีกมุมมองหนึ่ง Roehrig, Dare, Ellis, and Ring-Whalen (2021) ได้แสดงมุมมองการบูรณาการศาสตร์โดยนำเสนอลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาโดยมีมุมมองที่แตกต่างออกไป ได้แก่ การเลือกและระบุปัญหาจริงที่เกิดขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานทางสะเต็มศึกษา การให้ความสำคัญการทำงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ในลักษณะของการเป็นศูนย์กลางของสะเต็มศึกษา การบูรณาการบริบท และเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนไปยังบริบทจริง ผ่านการทำความเข้าใจศาสตร์ทางสะเต็มศึกษา การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินงานทางสะเต็มศึกษา การส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการแก้ปัญหาที่ไม่ได้มีคำตอบที่

แน่นอนร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม และการให้ข้อมูลเกี่ยวกับอาชีพทางสะเต็มที่สัมพันธ์กับบทเรียนสะเต็มนั้น ๆ แม้ว่านักวิชาการมีมุมมองลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาแตกต่างกัน แต่มีจุดร่วมคือ การส่งเสริมผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทางสะเต็มศึกษา ผ่านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของครู (กรกนก เลิศเดชาภัทร และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2564) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนเอกสารพบว่า มุมมองเกี่ยวกับสะเต็มศึกษายังมีความแตกต่างตามเป้าหมายเฉพาะในการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา ดังนั้น การพิจารณาว่าครูมีมุมมองต่อการบูรณาการศาสตร์อย่างไร เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลย้อนกลับ โดยไม่ได้มุ่งตัดสินความถูกต้องของมุมมองการบูรณาการ จะเป็นกลไกหนึ่งสำหรับการเตรียมความพร้อมให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมสะเต็มได้สอดคล้องกับมุมมองในการบูรณาการศาสตร์ของตนเองได้แม่นยำยิ่งขึ้น

กลยุทธ์การพัฒนาวิชาชีพครูให้สามารถออกแบบและจัดกิจกรรมสะเต็มบูรณาการได้นั้น Shernoff, Sinha, Bressler, and Ginsburg (2017) ได้นำเสนอแนวทางไว้อย่างหลากหลาย โดยเน้นไปที่การจัดสรรเวลาเพื่อให้ครูและทีมสามารถร่วมกันออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา โดยเฉพาะการนำเสนอตัวอย่างบทเรียนสะเต็มศึกษาที่ดีให้กับครู เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับการวิพากษ์และทำความเข้าใจแนวคิดสะเต็มศึกษา Dare, Keratithamkul, Hiwatig, and Li (2021) ส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามของสะเต็มศึกษาของผู้เข้าร่วมการอบรม โดยการใช้การวาดภาพแบบจำลอง และอภิปรายแบบจำลองในประเด็นด้านการปฏิบัติสะเต็มศึกษา การสอนสะเต็มศึกษา และการคำนึงถึงบริบทที่เชื่อมโยงกับสะเต็มศึกษา แม้กระนั้นก็ตาม King (2014) พบว่า กระบวนการพัฒนาวิชาชีพครูจะต้องจัดประสบการณ์เชิงรุกโดยส่งเสริมให้ครูเป็นผู้ริเริ่มในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนให้สอดคล้องกับบริบทการทำงานของตนเอง จึงอาจกล่าวได้ว่า การจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ และสื่อการเรียนการสอน ที่เอื้อให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมสะเต็มได้นั้น ควรมีความใกล้เคียงกับบริบทชั้นเรียนจริงในการทำงานของครู

แม้ว่าสมรรถนะของครูในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถดำเนินการได้หลายมุมมอง แต่พบว่าการสอนโดยบูรณาการศาสตร์ทางสะเต็มเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Kelley & Knowles, 2016; Roehrig et al., 2021) เช่นเดียวกับงานวิจัยสะเต็มศึกษาในประเทศไทย ที่ครูใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และพบข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยครูผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งของสะเต็ม ซึ่งไม่สามารถประยุกต์ธรรมชาติของศาสตร์อื่น ๆ ทางสะเต็มศึกษา นอกเหนือจากความเชี่ยวชาญของตนได้อย่างเป็นธรรมชาติ (กรกนก เลิศเดชาภัทร และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2564; อัครนนทปกรณ ธนะศิริภัทร, 2563) ดังนั้น การพัฒนาวิชาชีพครูในงานวิจัยที่ผ่านมา จึงมักใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมให้ครูได้ลงมือปฏิบัติออกแบบกิจกรรมสะเต็มผ่านประสบการณ์ตรง (Ring, Dare, Crotty, & Roehrig, 2017)

Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love, and Hewson (2010) นำเสนอลักษณะสำคัญของการอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนและสื่อสารให้กับผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการได้อย่างเข้าใจ 2) การอำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ของผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ และ 3) การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ผ่านการดำเนินงานของกลุ่ม จะเห็นได้ว่า การจัดเตรียมเครื่องมือหรือแหล่งเรียนรู้ เป็นส่วนหนึ่งของลักษณะสำคัญประการที่สองที่จะส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมการอบรมนำเครื่องมือหรือแหล่งเรียนรู้ไปใช้ในบริบทเฉพาะของผู้เรียน และบริบทเฉพาะของการจัดการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในครั้งนั้น ๆ

งานวิจัยที่ผ่านมาล้วนสนับสนุนแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น ดังจะเห็นได้จากแนวทางการพัฒนาวิชาชีพครูให้ความสำคัญกับการนำบริบทของผู้เรียนมาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการนำบริบทของผู้เรียนและบริบทการจัดการเรียนรู้ของตนมาเป็นจุดเริ่มต้นในการออกแบบบทเรียน (สุทธิดา จำรัส มนต์นภัส มโนการณ และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2562) ดังนั้น การอบรมเชิงปฏิบัติการที่ส่งเสริมการออกแบบและจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษายังคงเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพ (Faikhamta, Lertdechapat, & Prasoblarb, 2020; Stohlman, Moore, & Roehrig, 2012) แต่จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อจัดเตรียมทรัพยากรการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ครูนำบริบทของผู้เรียนและบริบทการจัดการเรียนรู้

ของตนมาเป็นส่วนหนึ่งในการอบรมเชิงปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดของการจัดเตรียมเครื่องมือหรือทรัพยากรการเรียนรู้ จึงเป็นช่องว่างของงานวิจัยที่ได้รับคำตอบผ่านงานวิจัยชิ้นนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์แนวทางการออกแบบกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาของครูประจำการที่ได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมของครูประจำการ เมื่อได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกัน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ประสบการณ์เชิงรุก หมายถึง กระบวนการพัฒนาวิชาชีพครูผ่านการใช้กระบวนการอบรมเชิงปฏิบัติการ ที่ปรับเสริมให้ผู้เข้าร่วมเข้าใจและยึดถือค่านิยมหลักในการสร้างและรับประสบการณ์เชิงรุกร่วมกัน โดยร่วมกันกระตุ้นและทำทฤษฎีการคิด มีส่วนร่วมในการปฏิบัติ และมุ่งเน้นการวิพากษ์สะท้อนคิด ในประเด็นต่าง ๆ ร่วมกัน (ปรับจาก Loucks-Horsley et al., 2010) การศึกษาค้นคว้านี้เลือกใช้ประสบการณ์เชิงรุกด้านการพัฒนาแผนเพิ่มเติม และการเข้าร่วมกิจกรรมเพิ่มเติม

2. การบูรณาการเพิ่มเติมศึกษา หมายถึง แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับเพิ่มเติมศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. การเปลี่ยนแปลงแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมศึกษา หมายถึง มุมมองเกี่ยวกับความเข้าใจต่อการบูรณาการศาสตร์สำหรับเพิ่มเติมศึกษา ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการได้รับประสบการณ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่น การอภิปรายประเด็นร่วมกัน การวิเคราะห์กิจกรรมเพิ่มเติมร่วมกัน หรือการเข้าร่วมกิจกรรมเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังได้รับประสบการณ์ หรืออาจเป็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างได้รับประสบการณ์เหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง

4. แนวทางการออกแบบกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา หมายถึง หลักการสำคัญที่ทำให้กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษามืออค์ประกอบที่ครบถ้วน และองค์ประกอบเหล่านั้นมีความสัมพันธ์ต่อกันเพื่อช่วยส่งเสริมการสร้างประสบการณ์ให้ผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษามีประสิทธิภาพสูงที่สุด อาจเป็นลักษณะของ หลักการสำคัญชี้้นำการออกแบบกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา แนวทางออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติม ลักษณะสำคัญของการกำหนดช่วงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษา ที่ปรับและพัฒนาให้เหมาะสมสำหรับการจัดประสบการณ์เชิงรุก

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. หน่วยงานพัฒนาวิชาชีพครูเพิ่มเติมศึกษาจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับจุดแข็งและข้อจำกัดของการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่แตกต่างกัน เพื่อพัฒนาความเข้าใจการบูรณาการเพิ่มเติมศึกษาของครูประจำการ

2. นักวิจัยด้านเพิ่มเติมศึกษาจะได้รับข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมศึกษาของครูประจำการ เพื่อเป็นพื้นฐานออกแบบหรือพัฒนากลยุทธ์ที่ส่งเสริมความถูกต้องของความเข้าใจการบูรณาการได้ชัดเจนขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การวิจัยแบบพหุกรณีศึกษา (Multiple case study) (Baxter & Jack, 2008) เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่างผลที่เกิดขึ้นจากการจัดประสบการณ์เชิงรุกด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน

2 ลักษณะคือ การอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแผนสะสมเต็ม ผ่านการทำความรู้จักองค์ประกอบของแผนสะสมเต็ม ประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา เนื้อหาสาระสำคัญในการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กิจกรรมและความท้าทายในการเรียนรู้ ของผู้เรียน และการวัดประเมิน และการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อออกแบบกิจกรรมสะสมเต็ม ผ่านการกำหนดและจำแนกกิจกรรม สะเต็มศึกษาเป็นระยะต่าง ๆ ประกอบด้วย การตรวจสอบสถานการณ์ การสร้างความท้าทาย การพัฒนานวัตกรรม และการยกระดับชุมชน เปรียบเทียบความสอดคล้องและความแตกต่างของข้อมูล เป็นข้อมูลย้อนกลับในการพัฒนาโปรแกรม สำหรับครูที่มุ่งออกแบบกิจกรรมสะสมเต็มศึกษา โดยไม่มุ่งเปรียบเทียบเชิงปริมาณเพื่อตัดสินว่าประสบการณ์ใดดีกว่ากัน

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

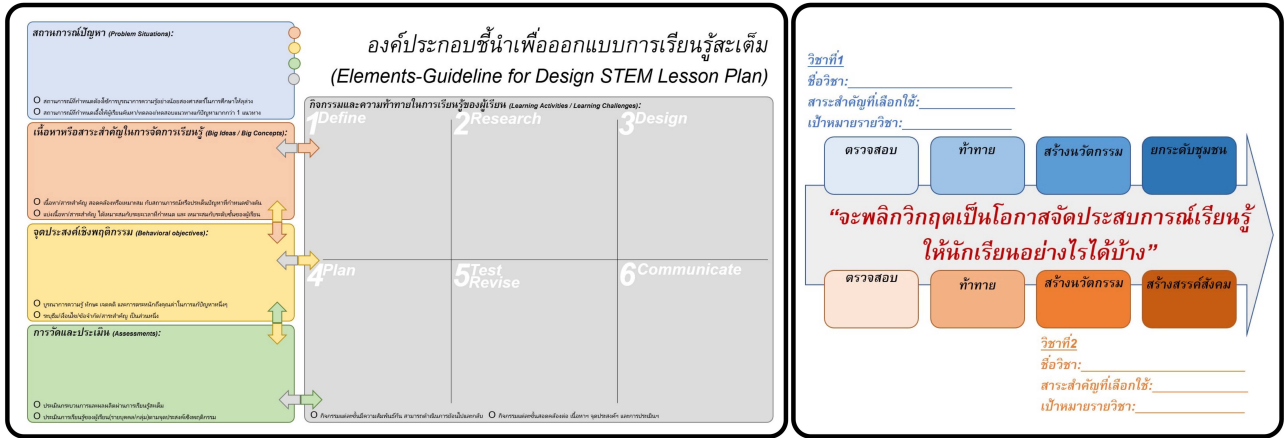
ผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้คือ ครูประจำการ จำนวน 33 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามการรับได้ประสบการณ์เชิงรุก ที่แตกต่างกัน กลุ่มที่ 1 ได้รับประสบการณ์เชิงรุกผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแผนสะสมเต็ม จำนวน 18 คน และกลุ่ม ที่ 2 ได้รับประสบการณ์เชิงรุกผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อออกแบบกิจกรรมสะสมเต็ม จำนวน 15 คน ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มยินยอมเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการด้วยความสมัครใจ รายละเอียดของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละกลุ่ม แสดงดัง ตาราง 1 และเพื่อพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดนามแฝงโดยระบุหมายเลขกลุ่ม และตามด้วยอักษร ภาษาอังกฤษที่กำหนดขึ้น จากการเรียงลำดับชื่อภาษาไทย เช่น 2-G หมายถึง ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ลำดับที่ 7

ตาราง 1 รายละเอียดผู้เข้าร่วมการวิจัยในแต่ละกลุ่ม

รายละเอียดผู้เข้าร่วมการวิจัย	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด (ชาย : หญิง)	18 (8 : 10)	15 (7 : 8)
ระดับชั้นสูงสุดที่สอน (ประถม : มัธยมต้น : มัธยมปลาย)	1 : 15 : 2	4 : 4 : 7
ประสบการณ์สอนหรือประสบการณ์อบรมการสอนสะสมเต็ม (ไม่เคย : ไม่เกิน 3 ปี : มากกว่า 3 ปี)	3 : 5 : 10	10 : 2 : 3

เครื่องมือวิจัย

1. แบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะสมเต็มของผู้เข้าร่วมการวิจัย มีลักษณะเป็นแผนภาพที่กำหนดประเด็นสำคัญเพื่อนำสู่การออกแบบกิจกรรมสะสมเต็ม โดยแผนภาพมี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) แผนภาพระบอบองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 และ 2) แผนภาพระบุขั้นตอนสำคัญของการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาตามเป้าหมายของสะสมเต็มศึกษา สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ดังภาพ 1 อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะสมเต็มจะมี 2 ลักษณะที่ปรากฏรายละเอียดที่แตกต่างกัน แต่ใช้แผนภาพที่ช่วยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย สามารถทำความเข้าใจลักษณะสำคัญที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษา ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะสมเต็ม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1 โดยบรรยายแนวคิดการออกแบบกิจกรรมสะสมเต็มตามมุมมองของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับประสบการณ์เชิงรุกผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแผนสะสมเต็ม และการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการออกแบบกิจกรรมสะสมเต็ม



ภาพ 1 แบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะเต็มของผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 (ภาพซ้าย) และกลุ่มที่ 2 (ภาพขวา)

2. แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย มีลักษณะเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละกลุ่ม ผู้วิจัยไม่ได้กำหนดประเด็นการบันทึกไว้ล่วงหน้า ผู้วิจัยแต่ละคนแยกกันบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการอบรมเชิงปฏิบัติการทั้งสองรูปแบบ และนำแบบบันทึกภาคสนามมาเรียงลำดับตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่ม แปลงข้อมูลเป็นไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกภาคสนามโดยใช้การวิเคราะห์อุปนัย โดยผู้วิจัยหลักและผู้วิจัยร่วมนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาพูดคุยกันในประเด็นที่สังเกตได้ แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นหมวดหมู่ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1 โดยบรรยายการแสดงออกของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับประสบการณ์เชิงรุกผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแผนสะเต็ม และการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย จะเป็นข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะเต็มของผู้เข้าร่วมการวิจัย ในการตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1

3. แบบสอบถามแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นข้อคำถามอัตร้อยจำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการตอบคำถาม 15 นาที ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามชุดเดิมเก็บข้อมูลในช่วงก่อนและหลังการจัดประสบการณ์เชิงรุก เนื่องจากมีเป้าหมายเพื่อสำรวจความเข้าใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยหลักและผู้วิจัยร่วมเก็บรวบรวมแบบสอบถามความเข้าใจการบูรณาการสะเต็มที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยตอบคำถามแล้ว จากนั้นแปลงไฟล์เป็นรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลใน 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อความที่ระบุเป็นคำตอบในแต่ละข้อ โดยใช้การวิเคราะห์อุปนัย เริ่มจากการอ่านข้อความคำตอบ ลงรหัส กำหนดหมวดหมู่ของข้อค้นพบ และนำเสนอข้อค้นพบในลักษณะของการบรรยายหมวดหมู่ และยกตัวอย่างประกอบ และ 2) การวิเคราะห์ความถี่และร้อยละของความถี่ ของคำตอบที่ปรากฏในหมวดหมู่ของข้อค้นพบนั้น ๆ เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เป็นหลัก

งานวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีกทั้งเครื่องมือวิจัยทั้ง 3 เครื่องมือผ่านการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความชัดเจนของข้อคำถาม ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มข้างต้น

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ตอน เพื่อตอบวัตถุประสงค์แต่ละข้อที่ระบุไว้ข้างต้น โดยแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อวิเคราะห์แนวทางการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาของครูประจำการที่ได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยออกแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการบนพื้นฐานแนวคิดของการพัฒนาวิชาชีพ ด้วยกลยุทธ์ที่มุ่งเน้นให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับประสบการณ์เชิงรุก คือ เป็นทั้งผู้เข้าร่วมในการฝึกปฏิบัติและเป็นทั้งผู้สะท้อนคิดแล้วจึงให้ข้อมูลย้อนกลับในการสนับสนุนความคิดหรือประสบการณ์นั้น ๆ ดังนั้นการส่งเสริมให้ครูประจำการสามารถพัฒนาแผนสะเต็ม และออกแบบกิจกรรมสะเต็มได้ จึงเป็นประสบการณ์ที่มีเป้าหมายในการแสดงพฤติกรรมที่แตกต่างกัน แต่อยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่ไม่แตกต่างกัน คือ สามารถวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ และสามารถสะท้อนคิดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการของทั้งตนเองและผู้อื่นได้ ระหว่างการเข้าร่วมกิจกรรมประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกันของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกมุ่งเน้นการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม และกลุ่มสองมุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติในกิจกรรมสะเต็ม พบถึงจุดร่วมของแนวคิดในการบูรณาการศาสตร์ ผ่านการรับประสบการณ์ดังกล่าว จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ 2 ประเด็น ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยระดมความคิดเพื่อกำหนดลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์ร่วมกันก่อนนำไปปรับใช้ในประสบการณ์รายบุคคล จากการวิเคราะห์ข้อมูลการมีส่วนร่วมกับประสบการณ์เชิงรุกของผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งการมีประสบการณ์เชิงรุกในการพัฒนาแผนสะเต็ม (ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มแรก) และการมีประสบการณ์เชิงรุกในการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม (ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มสอง) พบว่า การเตรียมแผนภาพแสดงองค์ประกอบของแผนสะเต็ม และแผนภาพแสดงขั้นตอนสำคัญในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มแล้ว แต่ไม่เพียงพอต่อการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมุมมองการบูรณาการศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ได้ เห็นได้จากการกำหนดข้อมูลของครู 1-J (ภาพ 2 ซ้าย) ในด้านของสถานการณ์สาระสำคัญ หรือ การวัดประเมิน ivo อย่างกว้าง ๆ แต่เมื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีส่วนร่วมในการให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ หรือ ชักถาม จากบทสนทนาระหว่างผู้วิจัย ครู 1-L และครู 1-J ด้านล่างนี้ยังสะท้อนให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยเลือกใช้แนวทางการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม เริ่มต้นจากการระดมความคิดและแสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนครู โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ใช้คำถามกระตุ้น จนได้มาซึ่งมติของกลุ่มในการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม ตัวอย่างประเด็นในการระดมความคิดที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเกณฑ์การประเมินแนวทางการแก้ปัญหาในเต็ม ประเด็นหลักที่ใช้ในการระดมความคิดคือ หากพิจารณาองค์ประกอบนี้ของแผนสะเต็มจะพิจารณาด้วยเกณฑ์หรือผ่านตรวจสอบใดบ้าง ตัวอย่างบทสนทนาบางส่วน แสดงได้ดังนี้

ครู 1-L: ไม่แน่ใจว่าทุกคนคิดเหมือนกันไหมว่า ปัญหาน้ำแข็งละลาย คืออะไร หรืออยากให้นักเรียนแก้อะไร

ครู 1-J: จริง ๆ สถานการณ์คือ จะต้องสอนเรื่องถ่ายโอนความร้อนอยู่แล้ว เลยอยากวัดแนวคิดเกี่ยวกับการรักษาอุณหภูมิ เลยเลือกน้ำแข็งมาเป็นตัวแทน

ผู้วิจัย 1: อยากลองชวนคุณครูคุยถึงประเด็นที่เราระดมความคิดกันช่วงเช้า ว่ามีเช็คลิสต์ไหนที่จะเอามาช่วยดูสถานการณ์ได้บ้างไหมครับ เพื่อให้สถานการณ์สมบูรณ์ขึ้น

ครู 1-C: แต่จริง ๆ เหมือนสถานการณ์นี้ครู 1-J ไม่ได้กำหนดให้นักเรียนทำแค่แบบเดียว คือเปิดกว้างให้ไหมครับ

ครู 1-J: ใช่ค่ะ เพราะจริง ๆ อยากดูว่าพวกเขาจะพัฒนาบรรจุกิจกรรมออกมาแบบไหน แล้วเลือกใช้นวนอย่างไร

ครู 1-C: หากเป็นอย่างนั้นผมว่าเช็คลิสต์ “มีมากกว่า 1 แนวทาง” ที่เป็นลักษณะสะเต็มเมื่อเข้า ใช้ได้กับกิจกรรมนี้ แต่อาจารย์ถามครู 1-J เพิ่มเติมแบบคร่าว ๆ ในส่วนนี้ไว้หนึ่งครั้งครับ

ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่า หลังจากผู้เข้าร่วมการวิจัยได้นำข้อวิพากษ์ต่าง ๆ ไปปรับแผนสะเต็มของตนเอง และยังพบอีกว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่มีความลุ่มลึกได้มากขึ้น การกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมโดย หลอมรวมระหว่างความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติเพื่อแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ ได้อย่างชัดเจนขึ้น ดังแสดงในแผนของผู้เข้าร่วม การวิจัย 1-F ดังภาพ 2 ตรงกลาง การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการสรุปการระดมความคิดของผู้เข้าร่วม การวิจัย โดยใช้แบบตรวจสอบรายการการกำหนดแผนสะเต็ม ดังแสดงในภาพ 2 ด้านขวา



ภาพ 2 แบบตรวจสอบรายการสำหรับประสบการณ์เชิงรุกในการพัฒนาแผนสะเต็มของผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 (การบันทึกของครู 1-J รอบที่ 1 (ภาพซ้าย) การบันทึกของครู 1-F รอบที่ 2 (ภาพกลาง) และ รายการตรวจสอบแผนสะเต็มจากการระดมความคิดของครู (ภาพขวา))

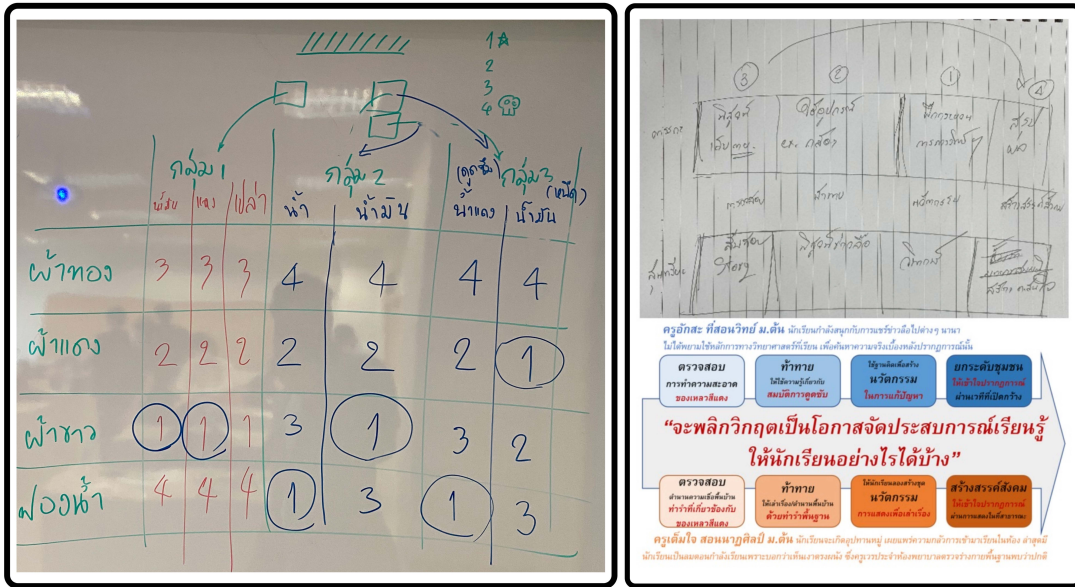
ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ฝึกปฏิบัติผ่านประสบการณ์ในการเข้าร่วมกิจกรรมสะเต็มโดยสวมบทบาทเป็นผู้เรียนตั้งแต่ ช่วงต้นของการจัดการเรียนรู้ (ขั้นตอนการทำความเข้าใจสถานการณ์) ไปจนถึงช่วงท้ายของการศึกษา (ระยะที่ 1) ด้วยการร่วม วิพากษ์ผลการศึกษาแนวทางแก้ปัญหาที่กำหนดให้ อย่างไรก็ดี ภายใต้ประสบการณ์เชิงรุกสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 แม้ว่าผู้วิจัยวางแผนกิจกรรมในลักษณะการทดสอบผลการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาในระดับจุลภาค (Micro scale) หรือ เป็นเพียงการศึกษาแนวทางแก้ปัญหาที่ยังเป็นตัวตนแบบ ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงประสบการณ์ดังกล่าวกับการจัดการกระทำข้อมูลเชิง วิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ ภายใต้การสังเกต เปรียบเทียบ และแปลความหมายข้อมูล เพื่อนำสู่การจัดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ไม่ใช่เพียงแต่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน หรือมุ่งให้เกิดความสนุกในการทำภารกิจเท่านั้น ข้อมูลที่ได้จาก การทดสอบ เป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวิพากษ์แนวทางการแก้ปัญหา และการกำหนดขั้นตอนสำคัญในการสอนสะเต็ม ดังแสดงในภาพ 3 ด้านขวา ซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่สอง วิพากษ์ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนด ปัญหาที่ แก้ไขได้โดยใช้ความรู้เชิงบูรณาการ และปัญหาที่จะเลือกศึกษาเป็นลำดับแรกตามความจำเป็นเร่งด่วน ดังบทสนทนาต่อไปนี้

ครู 2-G: มีแปดปัญหาหาคะ เกิดความหวาดกลัว ไม่เข้าใจของเหลวที่พบ มีการแพร่สะพัดของข่าวลือ นักเรียนกลัว ห้องเรียนนาฏศิลป์ ของเหลวอาจเป็นพิษ ของเหลวมีปริมาณแค่นั้นที่ก่อให้เกิดอันตราย ทางโรงเรียนควรมี นโยบายรับมืออย่างไร ควรแก้ไขให้แล้วเสร็จในกี่วัน

ผู้วิจัย 1: ตอนนี้นำครุร่วมคิด ร่วมพูดคุย จากแปดประเด็น ประเด็นไหนที่ต่อยอดหรือควรเร่งแก้ไขก่อนหรือไม่

ครู 2-F: จะว่าไปก็เหมือนเป็นคำถามของครู แต่ยังไม่ใช้คำถามของนักเรียนไหมคะ พอลองมาอ่านทวนดู

ครู 2-B: ของเหลวอาจเป็นพิษ ดิฉันว่า ประเด็นนี้อาจเป็นข้อสงสัยของตัวเอง แต่พอต่อยอดได้ ถ้าเป็นสมมติฐานก็อาจให้นักเรียนศึกษาหรือจัดการของเหลวดังกล่าวด้วยสิ่งประดิษฐ์อะไรสักอย่างทีี่เลี้ยงหรือไม่ ต้องสัมผัสของเหลวนั้นโดยตรง



ภาพ 3 ข้อมูลนำสู่การวิพากษ์แนวทางการแก้ปัญหา (ภาพซ้าย) และการกำหนดขั้นตอนสำคัญในการสอนเพิ่มเติม (ภาพขวา) ในการเข้าร่วมประสบการณ์เชิงรุก ของผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มสอง

นอกจากการอภิปรายลักษณะสำคัญของกิจกรรมเพิ่มเติมจากกิจกรรมแล้ว ผู้วิจัยยังพบประเด็นการกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์ภายใต้หัวข้อเรื่อง (Theme) หรือสถานการณ์หนึ่ง ๆ จากการจัดประสบการณ์เชิงรุกให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ที่ครูวิทยาศาสตร์และครูนาฏศิลป์ร่วมกันออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด สะท้อนแนวทางการจัดการเรียนรู้ในลักษณะการบูรณาการศาสตร์ แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ได้แก่ การนำผู้เรียนตรวจสอบสถานการณ์ การทำลายผู้เรียนให้ใช้ความรู้ในสถานการณ์ การผลักดันให้ผู้เรียนพัฒนานวัตกรรม และการกำหนดเป้าหมายของการยกระดับชุมชนหรือสังคม จากปัญหาในสถานการณ์ แสดงได้ดังภาพ 3 ด้านขวา

ประเด็นที่ 2 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มสะท้อนคิดแบบซัดแจ้งเกี่ยวกับมุมมองการบูรณาการศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเพิ่มเติมศึกษาตลอดช่วงระยะเวลาที่ได้รับประสบการณ์เชิงรุก จากการวิเคราะห์ข้อมูลการมีส่วนร่วมในประสบการณ์เชิงรุกในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายและคุณค่าในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษา (การสะท้อนคิดรอบที่ 1) แนวทางการขับเคลื่อนเพิ่มเติมในชั้นเรียน (การสะท้อนคิดรอบที่ 2) การวิพากษ์มุมมองหรือแนวคิดการออกแบบกิจกรรมของผู้เข้าร่วมการวิจัยท่านอื่น (การสะท้อนคิดรอบที่ 3) และแนวทางการประยุกต์สิ่งที่ได้จากการเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ (การสะท้อนคิดรอบที่ 4) ข้อค้นพบสะท้อนให้เห็นว่า การสะท้อนคิดรอบหลัง ๆ ผู้เข้าร่วมการวิจัยส่วนใหญ่สะท้อนมุมมองในการเชื่อมต่อหรือบูรณาการของศาสตร์ทางเพิ่มเติมตั้งแต่สองศาสตร์ขึ้นไป ซึ่งมีจำนวนที่เพิ่มขึ้นจากการสะท้อนคิดในรอบแรก ๆ ดังจะเห็นได้จาก ตัวอย่างภาพ 4 ที่นำเสนอการสะท้อนคิดรอบ 2 ของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่สะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติมในระดับพื้นฐาน โดยนำเสนอประเด็นเกี่ยวกับการกำหนดสถานการณ์เพิ่มเติมที่จะต้องเริ่มต้นจากปัญหา (ครู 1-H) ความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาที่ต้องอาศัยการปฏิบัติออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสภาพจริง (ครู 2-E) ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างการสะท้อนคิดรอบ 4 ในภาพ 4 ที่สะท้อนว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยมีมุมมองการออกแบบการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการอย่างชัดเจนขึ้น เช่น การเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์และมนุษยศาสตร์ (ครู 2-E) และการเชื่อมโยงเพิ่มเติมไปยังศาสตร์อื่น ๆ ที่มุ่งเน้นการปฏิบัติ เช่น วิชานาฏศิลป์ (ครู 2-I)



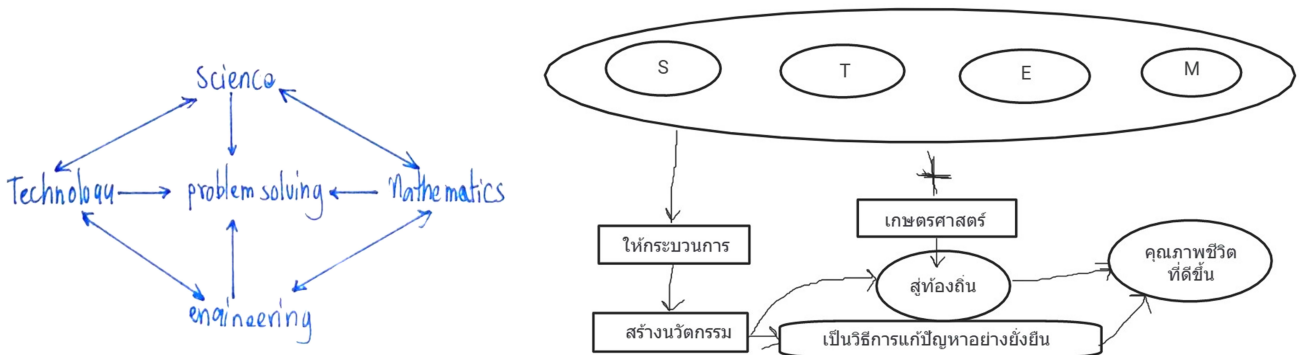
ภาพ 4 ตัวอย่างการสะท้อนคิดของผู้เข้าร่วมการวิจัยรอบที่ 2 ของครู 1-H (บนซ้าย) 2-E (บนขวา) และรอบที่ 4 ของครู 2-E (ล่างซ้าย) และ 2-I (ล่างขวา)

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการบูรณาการสะเต็มของครูประจำการ เมื่อได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม มีมุมมองการบูรณาการสะเต็มที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังข้อมูลด้านล่างนี้

ประเด็นที่ 1 สิ่งที่น่ามาบูรณาการ ก่อนเข้าร่วมการอบรมในครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 มองสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการในระดับศาสตร์หรือสาขาวิชา (ร้อยละ 55.56) ในขณะที่หลังอบรม ครูส่วนใหญ่มีมุมมองเช่นเดิม (ร้อยละ 50.00) เท่า ๆ กับการมุ่งเน้นไปที่การบูรณาการความรู้ของศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง (ร้อยละ 50.00) ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ก่อนและหลังการอบรม มองว่า เป็นการบูรณาการในระดับศาสตร์หรือสาขาวิชา (ร้อยละ 46.67 และร้อยละ 61.11 ตามลำดับ)

ประเด็นที่ 2 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา ก่อนเข้าร่วมการอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 ส่วนใหญ่ไม่ระบุคำตอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นนี้ (ร้อยละ 50.00) ในขณะที่หลังอบรมแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยส่วนใหญ่มองว่าสะเต็มศึกษามีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง (ร้อยละ 39.13) ในขณะที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงแนวคิดจากเดิมที่มีเป้าหมายเพื่อสร้างนวัตกรรม (ร้อยละ 33.33) เป็นเพื่อแก้ปัญหา (ร้อยละ 52.00) นอกจากนี้ ยังพบข้อสังเกตว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มไม่ระบุเป้าหมายที่ไม่ได้จำเพาะกับสะเต็มศึกษา ทั้งการหาคำตอบของสิ่งที่สงสัย และการประยุกต์



ภาพ 5 ตัวอย่างการระบุเป้าหมายสะเต็มศึกษาหลังอบรม ของครู 2-H (ภาพซ้าย) และ 2-R (ภาพขวา)

ประเด็นที่ 3 กระบวนการส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของสะเต็มศึกษา ก่อนและหลังเข้าร่วมการอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 ส่วนใหญ่ไม่ระบุคำตอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นนี้ (ร้อยละ 72.22 และ 66.67 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ที่ไม่ระบุประเด็นนี้ในสัดส่วนที่มากที่สุด เมื่อเทียบกับประเด็นย่อยอื่น ๆ ในระหว่างก่อนและหลังอบรม (ร้อยละ 46.67 และ 38.10 ตามลำดับ) แม้กระนั้นก็ตาม หลังเข้าร่วมการอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 ส่วนใหญ่มองว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถใช้กระบวนการที่หลากหลายที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของสะเต็มศึกษาที่ได้ ทั้งการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (2-C หลังอบรม, 2-J หลังอบรม, 2-O หลังอบรม) และการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมหรือการลงมือปฏิบัติ (2-C หลังอบรม, 2-J หลังอบรม, 2-M หลังอบรม) แม้กระนั้นก็ตาม กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ยังคงปรากฏอยู่ในมุมมองของผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 (ร้อยละ 9.52) แต่ไม่ปรากฏในผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1

เมื่อพิจารณาถึงบทบาทของศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ก่อนเข้าร่วมการอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 (ร้อยละ 100.00) มองว่า ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เมื่อเข้าร่วมการอบรมแล้ว ปรากฏเฉพาะผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 มองศาสตร์อื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น เศรษฐศาสตร์และสังคม ภาษาไทย และ ศิลปะ ผู้วิจัยสรุปบทบาทของศาสตร์ที่ระบุข้างต้นได้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ หลังเข้าอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มองวิทยาศาสตร์ในมุมมองของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มากที่สุด (ร้อยละ 66.67 เท่ากัน) ในขณะที่ก่อนเข้าอบรม ทั้งสองกลุ่มมองถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกัน (ร้อยละ 22.22 และ 33.33 ตามลำดับ)

เทคโนโลยี ก่อนเข้าอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 มองที่กระบวนการออกแบบเทคโนโลยี (ร้อยละ 31.58) หลังเข้าอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 มองเทคโนโลยีที่การบูรณาการร่วมกับศาสตร์อื่น (ร้อยละ 27.27) อย่างไรก็ตาม ก่อนเข้าอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 มองเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน (ร้อยละ 31.25) แต่เมื่ออบรมแล้วเสร็จ ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 2 มองเทคโนโลยีเป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีหรือกระบวนการออกแบบ (ร้อยละ 31.58)

วิศวกรรมศาสตร์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 และ 2 มีมุมมองด้านวิศวกรรมศาสตร์ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ ก่อนเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ ทั้งสองกลุ่มมองวิศวกรรมศาสตร์เป็นกระบวนการออกแบบและ/หรือสร้างเครื่องมือ ชิ้นงาน โครงงาน หรือนวัตกรรม (ร้อยละ 38.10 และ 40.00 ตามลำดับ) และเมื่อเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการแล้ว ทั้งสองกลุ่มยังคงมีมุมมองไม่เปลี่ยนแปลง แต่ให้ความสำคัญกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อย่างชัดเจนขึ้น (ร้อยละ 33.33 และ 23.81 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม พบเพียงร้อยละ 6.25 ที่พิจารณาถึงความคุ้มค่าของผลลัพธ์ในการดำเนินงานทางวิศวกรรมศาสตร์

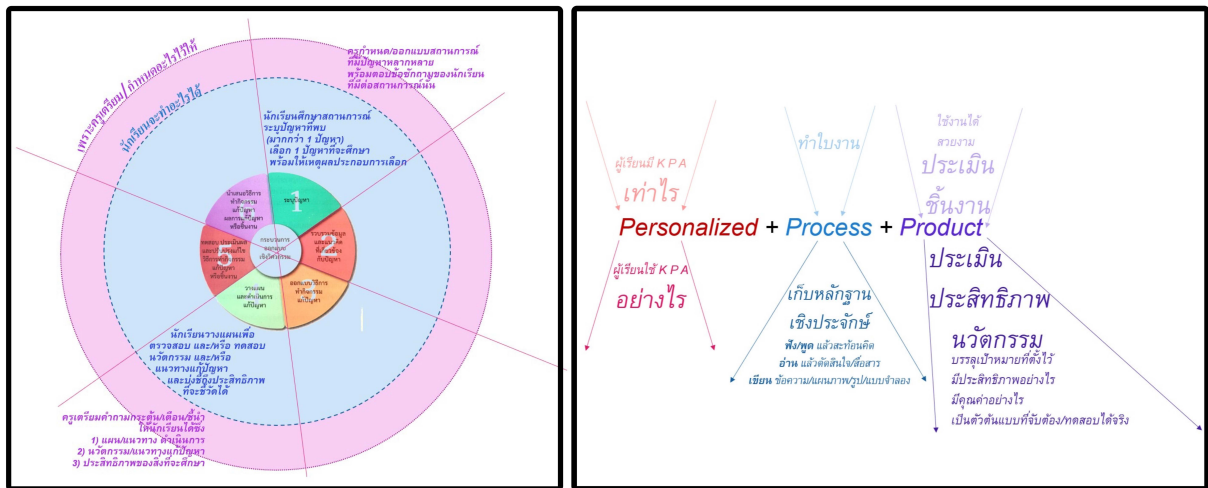
คณิตศาสตร์ ก่อนเข้าอบรม ผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มที่ 1 มองคณิตศาสตร์เป็นการคำนวณ (ร้อยละ 47.62) ในขณะที่กลุ่มที่ 2 มองคณิตศาสตร์เป็นความรู้และการคำนวณ เท่า ๆ กัน (ร้อยละ 26.67) แต่เมื่อเข้าอบรมแล้ว ผู้เข้าร่วมทั้งสองกลุ่มมองคณิตศาสตร์เป็นการคำนวณและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เท่า ๆ กัน (ร้อยละ 37.50 และ 33.33 ในกลุ่มที่ 1 และ 2)

บทบาทของศาสตร์อื่น ได้แก่ การคำนึงถึงความงามของชิ้นงานอย่างเป็นศิลปะในบริบทของทัศนศิลป์ (2-E หลังอบรม, 2-M หลังอบรม) การนำบริบทปัญหาสังคมเข้ามาในชั้นเรียน (2-E หลังอบรม) การออกแบบชิ้นงานที่แข่งขันกับชิ้นงานอื่นในท้องถิ่น (2-E หลังอบรม) และการสื่อสารชิ้นงานที่ออกแบบโดยคำนึงถึงความชัดเจนของภาษา (2-E หลังอบรม)

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ออกแบบและใช้ประสบการณ์เชิงรุกในการพัฒนามุมมองการบูรณาการศาสตร์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย ซึ่งพบว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มการพัฒนามุมมองการบูรณาการสะเต็มที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายผล ตามข้อค้นพบที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

ประการที่หนึ่ง แม้ว่าผู้วิจัยจะเลือกใช้ประสบการณ์เชิงรุกในลักษณะที่แตกต่างกันสองรูปแบบสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย แต่ประสบการณ์เชิงรุกดังกล่าวสะท้อนถึงพฤติกรรมที่มีการแสดงออกในลักษณะเดียวกันคือ มุ่งเน้นการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะสม ร่วมกับการสะท้อนคิดเกี่ยวกับมุมมองการบูรณาการสะสมที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเข้าร่วมการวิจัย ส่งผลให้การจัดประสบการณ์เชิงรุกในการศึกษาคั้งนี้มุ่งเน้นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมมุมมองการบูรณาการศาสตร์ของผู้เข้าร่วมการวิจัยพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับแนวทางการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพโดย Loucks-Horsley et al. (2010) ที่ครอบคลุมถึงการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนและสื่อสารให้กับผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการได้อย่างเข้าใจ ไม่ว่าจะเป็นเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสม คุณค่าหรือความหมายจากการสอนสะสม ร่วมกับการอำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ของผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ ที่มีการจัดเตรียมเครื่องมือหรือแหล่งเรียนรู้ที่จะส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมการอบรมนำเครื่องมือหรือแหล่งเรียนรู้ไปใช้ร่วมกับการผนวกบริบทเฉพาะของผู้เรียนและบริบทเฉพาะของการจัดการเรียนรู้ของตน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในครั้งนั้น ๆ ดังที่การวิจัยนี้ได้ออกแบบกลยุทธ์ที่กระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้มีโอกาสคิด ระดมความคิด ตลอดจนนักวิจัยช่วยขมวดแนวคิดเหล่านั้นกลายเป็นเครื่องมือ เกณฑ์ หรือแนวทางที่สนับสนุนผู้เข้าร่วมการวิจัยให้บรรลุการอบรมเชิงปฏิบัติการ ดังภาพ 1 ที่เป็นกลุ่มเครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้เพื่อเป็นต้นแบบในการทำงานของผู้เข้าร่วมการวิจัย หรือถูกใช้เพื่อเป็นประเด็นในการช่วยระดมความคิดเพื่อนำไปสู่การวิพากษ์ในลำดับต่อไป ตัวอย่างการสะท้อนคิดของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้แบบวิเคราะห์บทบาทผู้สอน-ผู้เรียน แสดงดังภาพ 6 ซึ่งช่วยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีเครื่องมือในการวางแผนและออกแบบกิจกรรมสะสมได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่าข้อค้นพบนี้ ช่วยเติมเต็มช่องว่างของความรู้จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Faikhanta et al., 2020) กล่าวคือ การเตรียมความพร้อมในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมศึกษา อาจไม่ใช่การบรรยายหรือบอกเล่าวิธีการอีกแล้ว แต่การสำรวจมุมมอง ความเชื่อของครูต่อการทำแผนสะสม ร่วมกับการให้ครูผู้เข้าร่วมได้วิพากษ์กิจกรรมของผู้เข้าร่วมอบรมท่านอื่น แล้วสะท้อนได้ว่าจะนำข้อความรู้ หลักการ หรือแนวทางนั้นมาปรับหรือพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมศึกษาได้อย่างไร จะช่วยให้ครูพัฒนากิจกรรมตามแนวทางสะสมศึกษาของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่างจากที่ผ่านมามุ่งประเพียงแต่ประเมินความสามารถของครูในการออกแบบหรือพัฒนากิจกรรมตามแนวทางสะสมศึกษา



ภาพ 6 ตัวอย่างการสะท้อนคิดของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้แบบวิเคราะห์บทบาทผู้สอน-ผู้เรียน (ภาพซ้าย) และแนวทางการกำหนดการประเมินจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ภาพขวา)

ประการที่สอง ประสบการณ์เชิงรุกที่วางแผนไว้ส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยระดมความคิดจากหลายมุมมอง จนพัฒนาเป็นความคิดรวบยอดที่สามารถนำไปใช้ต่อยอดเป็นแนวทางที่แต่ละคนสามารถนำไปปรับใช้ในรูปแบบของตนเองได้อย่างเหมาะสม ร่วมกับการเตรียมประเด็นในการสะท้อนคิดให้ครอบคลุมแนวทาง องค์ประกอบ หรือลักษณะสำคัญในการพัฒนา

แนวกิจกรรมเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่า การสะท้อนคิดอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งกิจกรรมช่วยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีมุมมองต่อการบูรณาการศาสตร์ที่ลุ่มลึกขึ้นได้ อนึ่งเพื่อมุ่งหมายให้ครูตรวจสอบความคิดและการทำงานของตนเองผ่านการวิพากษ์กรณีศึกษาทั้งจากผู้เข้าร่วมโปรแกรมหรือจากผู้วิจัย สอดคล้องกับการพัฒนากรอบแนวคิดอย่างต่อเนื่องของครู สะเต็มตลอดการเข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการอย่างน้อย 3 วงจร ในการศึกษาของ Ring et al. (2017) แต่ในขณะเดียวกัน ก่อนการสะท้อนคิดแต่ละครั้งควรเตรียมประเด็นหรือการรับสถานการณ์อย่างเหมาะสมหรือเพียงพอเพื่อที่จะนำไปสู่การสะท้อนคิดได้ ที่เสริมการคิดรอบด้านและการคิดเชิงลึกเกี่ยวกับมุมมองดังกล่าว ที่ช่วยเสริมการออกแบบกลยุทธ์หรือโปรแกรมในการพัฒนาวิชาชีพครูหรือครูสะเต็ม (Christian, Kelly, & Bugallo, 2021) นอกจากนี้ การสะท้อนคิดดังกล่าวถึงจะมีพื้นฐานที่จัดเป็นประสบการณ์ส่วนบุคคล แต่การเข้าร่วมประสบการณ์เชิงรุกครั้งนี้ได้ออกแบบให้การสะท้อนคิดถูกใช้เป็นประเด็นในการวิพากษ์หรือกลายเป็นประสบการณ์ร่วมระหว่างผู้เข้าร่วมการวิจัย ก่อนที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคนจะนำข้อค้นพบที่ได้จากการวิพากษ์ไปปรับใช้ในการทำงานของตนเองในลำดับต่อ ๆ ไปได้ และอาจกล่าวได้ว่า การมุ่งเน้นการสะท้อนในการจัดประสบการณ์เชิงรุกไม่ใช่เพียงการเพิ่มปริมาณหรือจำนวนครั้งในการสะท้อน แต่เป็นการจัดการสะท้อนแบบมีเป้าหมาย โดยที่ผู้วิจัยอำนวยความสะดวกให้การสะท้อนเหล่านั้นเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์เพียงพอที่จะช่วยให้การสะท้อนเหล่านั้นมีคุณภาพและมีความหมายในการนำไปต่อยอดได้มากขึ้น

ประการสุดท้าย แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงมุมมองการบูรณาการสะเต็มศึกษาของผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากประสบการณ์เดิมของผู้เข้าร่วมการวิจัย และการได้รับประสบการณ์เชิงรุกที่แตกต่างกันในการออกแบบแผนสะเต็ม และการออกแบบกิจกรรมสะเต็ม และเมื่อกล่าวถึงศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีมุมมองแนวคิดการบูรณาการสะเต็มที่สอดคล้องกับเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา (Li, 2014) ที่มุ่งเน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ในการทำงานทางสะเต็มเพื่อแก้ปัญหาตามบริบทจริง (Roehrig et al., 2021) แม้ว่ามุมมองบทบาทของเทคโนโลยีมีความหลากหลาย แต่งานวิจัยนี้พบว่า ผู้เข้าร่วมการอบรมทั้งสองกลุ่มมีมุมมองด้านเทคโนโลยีที่ไม่แตกต่างกัน โดยคำนึงถึงเทคโนโลยีในการทำงานทางสะเต็มเป็นหลัก โดยไม่ได้กล่าวถึงการใช้นวัตกรรมในการสอนสะเต็ม อาจเป็นเพราะการส่งเสริมให้ผู้เข้าอบรมเชิงปฏิบัติเข้าใจธรรมชาติของเทคโนโลยีผ่านการลงมือปฏิบัติในการออกแบบกิจกรรมหรือแผนสะเต็มศึกษา ที่มุ่งเน้นไปที่การปฏิบัติงานทางสะเต็มเป็นสำคัญ ซึ่งแตกต่างจากข้อค้นพบในงานวิจัยของ Dare et al. (2021) ที่พบว่า นอกจากที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะมองเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการทำงานทางสะเต็มแล้ว ยังมองเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นช่องทางในการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียน อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า หากมีการวิพากษ์ถึงแนวคิดของการบูรณาการศาสตร์ หรือ เป้าหมายของการบูรณาการศาสตร์อื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาได้ลุล่วง จะช่วยให้ครูผู้เข้าร่วมการวิจัยเห็นถึงความสำคัญหรือธรรมชาติในการเลือกศาสตร์อื่น ๆ นอกจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ มาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มของตนเองได้ มากกว่าการเลือกวิชาใดวิชาหนึ่งมาเป็นโจทย์ตั้งต้นในการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สรุปผลการวิจัย

1. ประสบการณ์เชิงรุกช่วยสนับสนุนให้ครูผู้ประจำการที่เข้าร่วมการวิจัยพัฒนาแนวทางออกการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาของตนเอง ผ่านการศึกษาองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา การกำหนดหรือจำแนกระยะของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ร่วมกับการวิพากษ์อย่างต่อเนื่องและครอบคลุมในประเด็นสำคัญต่อการพัฒนาแผนหรือกิจกรรมสะเต็ม

2. การเปลี่ยนแปลงแนวคิดการบูรณาการสะเต็มของครูประจำการที่เข้าร่วมการวิจัยหลังได้รับประสบการณ์เชิงรุกแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจอย่างลุ่มลึกที่ไม่ใช่การสอนหลายวิชาพร้อมกัน แต่เป็นการบูรณาการหลายศาสตร์เข้าด้วยกันเพื่อช่วย

ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ ได้ลุล่วง หรือนักเรียนได้รับความรู้เพียงพอต่อการพัฒนานวัตกรรมหนึ่ง ๆ อันเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ผู้วิจัยออกแบบและใช้แบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่มีลักษณะเป็นแผนภาพที่กำหนดประเด็นสำคัญเพื่อนำสู่การออกแบบกิจกรรมสะเต็ม ผลการวิจัยสะท้อนว่า แบบบันทึกการออกแบบกิจกรรมสะเต็มเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เข้าร่วมการอบรมมองเห็นภาพรวมของการวางแผนกิจกรรมสะเต็มหรือการออกแบบแผนสะเต็มได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้น ผู้สอนสามารถนำเครื่องมือดังกล่าวไปเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนและออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่จำเพาะกับบริบทของชั้นเรียนของตนได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น และช่วยให้พิจารณาถึงความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของกิจกรรมสะเต็มได้อย่างครอบคลุม

2. ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้สะท้อนว่า แนวคิดสำคัญของประสบการณ์เชิงรุกที่ประกอบด้วย การส่งเสริมให้ผู้เข้าร่วมการอบรมมีส่วนร่วมคิด ร่วมปฏิบัติ และร่วมสะท้อนหรือวิพากษ์ เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจของครูประจำการในการออกแบบกิจกรรมและพัฒนาแผนสะเต็ม ดังนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพครูสามารถแนวคิดสำคัญข้างต้นนี้เป็นหลักการสำคัญของการออกแบบกลยุทธ์การพัฒนาวิชาชีพครูที่มีความสอดคล้องกับเป้าหมายของกลยุทธ์นั้น ๆ ได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. แนวทางการจัดประสบการณ์เชิงรุกในงานวิจัยนี้มุ่งส่งเสริมความเข้าใจการบูรณาการศาสตร์ได้อย่างลุ่มลึก ในขณะเดียวกัน ประสบการณ์เชิงรุกถูกจัดขึ้นแบบแยกส่วนที่มีความจำเพาะต่อการพัฒนาหรือออกแบบแผนสะเต็ม หรือ การเข้าร่วมกิจกรรมสะเต็มในฐานะผู้เรียน อย่างไรก็ดี งานวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยอาจศึกษากลยุทธ์ในการจัดวางลำดับของการให้ประสบการณ์เชิงรุกแต่ละรูปแบบ รวมถึงติดตามผลการปฏิบัติการสอนสะเต็มของผู้เข้าร่วมการวิจัยหลังจากที่มีมุมมองเกี่ยวกับการบูรณาการศาสตร์ลุ่มลึก ว่ามีผลต่อการปฏิบัติการสอนและมีความคงทนต่อเนื่องต่อชั้นเรียนของตนเองอย่างไร

2. การทำความเข้าใจแนวคิดการบูรณาการสะเต็มของผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพิจารณาจากการตอบคำถามผ่านการเขียนบรรยายประกอบภาพแสดงการบูรณาการสะเต็ม หากเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมการอบรมได้นำเสนอมุมมองผ่านการพูดหรือเล่าเหตุผลประกอบการเขียนข้อความ อาจช่วยให้การทำความเข้าใจมุมมองสะเต็มศึกษาของผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการมีความชัดเจนและตรงประเด็น ผ่านการสอบถามโดยผู้วิจัยเป็นระยะ ๆ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Dare et al. (2021) ดังนั้น งานวิจัยครั้งถัดไป อาจใช้การสัมภาษณ์เพื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้นำเสนอเหตุผลเชิงลึกหรือตัวอย่างที่สอดคล้องกับประเด็นข้อคำถาม เพื่อให้ผู้วิจัยล่วงความเข้าใจของผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ในมุมมองที่หลากหลายมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรกนก เลิศเดชาภัทร และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2564). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: กลไกขับเคลื่อนกิจกรรมสะเต็ม. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 12(2), 356-268.
- สุทธิดา จำรัส มนต์นภัส มโนการณ และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2562). มุมมองทฤษฎีระบบของรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็ม. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 12(1), 147-167.
- อัศวนนทปกรณ ธนศวีร์ภัทร. (2563). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรมในบริบทชุมชน. ใน สุรเกียรติ์ ภูโปการ (บรรณาธิการ), *ศาสตร์ สอน สื่อ สุข รวมบทความวิชาการด้านหลักสูตรและการสอน* (น. 119-133). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544-559.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Virginia, NSTA.
- Christian, K.B., Kelly, A.M. & Bugallo, M.F. (2021) NGSS-based teacher professional development to implement engineering practices in STEM instruction. *International Journal of STEM Education* 8(21), 1-18.
- Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hiwatig, B. M., & Li, F. (2021). Beyond Content: The Role of STEM Disciplines, Real-World Problems, 21st Century Skills, and STEM Careers within Science Teachers' Conceptions of Integrated STEM Education. *Education Sciences*, 11(11), 737-758.
- Faikhamta, C., Lertdechapat, K., & Prasoblarb, T. (2020). The Impact of a PCK-based professional development program on science teachers' ability to teaching STEM. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 43. 1-22.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- King, F. (2014). Evaluating the impact of teacher professional development: an evidence-based framework. *Professional Development in Education*, 40(1), 89-111.
- Li, Y. (2014). International Journal of STEM Education-a platform to promote STEM education and research worldwide. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 1-2.
- 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.). California, Corwin.
- National Research Council (NRC). (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(1), 1-18.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16.
- Stohlman, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34.