# กรณีศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่จัดกิจกรรมการสืบเสาะหลังจากการอบรมเชิงปฏิบัติการ: ข้อค้นพบจากโครงการคูปองพัฒนาครู

# A Case Study of Science Teachers Enacting Inquiry-Based Activities after a Workshop: Findings from the Coupon for Teacher Development Project

ลือชา ลดาชาติ[1] จักรกฤษณ์ จันทะคุณ[2] รุ่งทิวา กองสอน[3] และ วิลาวัลย์ โพธิ์ทอง[4]
Luecha Ladachart[1] Jakkrit Jantakoon[2] Rungtiwa Kongson[3] and Wilawan Phothong[4]
[1-4]อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

## บทคัดย่อ

การอบรมเชิงปฏิบัติการเป็นกิจกรรมหลักในการพัฒนาวิชาชีพครูในประเทศไทยมาเป็นเวลานาน อย่างไรก็ดี การอบรมหลายครั้งมักเกิดขึ้นโดยปราศจากการติดตามผลที่เกิดขึ้นต่อการปฏิบัติการสอนของครู ซึ่งส่งผลให้ครูไม่เปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอน งานวิจัยด้านการพัฒนาวิชาชีพครูจึงเสนอให้มีการติดตาม สนับสนุน และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ครูภายหลังจากการอบรม โครงการคูปองพัฒนาครูเป็นกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครูที่เน้นกลไกการสนับสนุนครูภายหลังจากการอบรมในรูปแบบของการโค้ชชิ่ง กรณีศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการคูปองพัฒนาครู ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามว่า ครูวิทยาศาสตร์ 6 คน จัดการเรียนการสอนอย่างไรภายหลังจากการอบรมเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลคือบันทึกการจัดการเรียนการสอนของครูแต่ละคน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมของครูกับกิจกรรมที่ครูมีส่วนร่วมในระหว่างการอบรม กรณีศึกษานี้เปิดเผยว่า แม้ครูทุกคนได้รับการอบรมเหมือนกันและพร้อมกัน ครูแต่ละคนมีการนำแนวทางจากการอบรมไปใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้เสนอแนะว่า ครูแต่ละคนต้องการการสนับสนุนในลักษณะที่แตกต่างกัน งานวิจัยในอนาคตจึงควรมุ่งศึกษารูปแบบการโค้ชชิ่งที่เหมาะสมกับครูแต่ละคน

**Keywords:** การพัฒนาวิชาชีพครู การอบรมเชิงปฏิบัติการ ครูวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คูปองครู

## Abstract

Workshop has been a main activity for teacher professional development in Thailand. However, many workshops were often held without a follow-up for its consequence on teachers' teaching practices, leaving the teachers not changing their teaching practices. Research in teacher professional development suggests monitoring, supporting, and providing feedback to teachers after the workshop. The Coupon for Teacher Development Project is a kind of teacher professional development activity that includes a supportive mechanism for teachers in form of coaching after a workshop. This case study is under the Coupon for Teacher Development Project, aiming at monitoring how six science teachers enacted their instruction after a workshop focusing on

teaching and learning with scientific inquiry. Data were records of instructional activities conducted by each teacher. The researchers analyzed the data by comparing the teachers' instructional activities with those they engaged in during the workshop. This case study reveals that, despite attending the same workshop at the same time, each teacher enacted inquiry-based activities in different ways. This research suggests that each teacher needs different kinds of support. Future research should find out appropriate ways to coach each teacher.

**Keywords:** Teacher professional development, Workshop, Science teachers, Scientific inquiry, Teacher coupon

## บทนำ

ประเทศไทยได้เข้าสู่ยุคแห่งการปฏิรูปการศึกษาตั้งแต่การประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) ซึ่งคาดหวังให้ครูเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนการสอน จากเดิมที่เน้นการถ่ายทอดความรู้(Transmission of knowledge) เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง(Construction of knowledge) การเปลี่ยนแปลงนี้ก่อให้เกิดการอบรมครูอย่างกว้างขวาง ทั้งการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร การนำเสนอกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมตลอดจนการใช้การประเมินผลเพื่อติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน แต่ถึงกระนั้นก็ตาม ผลการประเมินนักเรียนระดับชาติครั้งล่าสุด (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559ก; 2559ข; 2559ค) บอกเป็นนัยว่า การอบรมเหล่านี้อาจจะยังไม่ประสบผลสำเร็จตามความคาดหวังเท่าที่ควร

ด้วยเหตุนี้ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) จึงได้อนุมัติให้ สำนักพัฒนาครูและบุคลากรการศึกษา (2559) นำร่องโครงการคูปองพัฒนาครู ทั้งนี้เพื่อเป็นรูปแบบหนึ่งของการพัฒนาวิชาชีพครู โครงการนี้เกิดขึ้นจากความตระหนักว่า การพัฒนาวิชาชีพครูโดยการอบรมภายในช่วงเวลาสั้น ๆ แม้ใช้งบประมาณจำนวนมาก แต่กลับส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนของครูเพียงเล็กน้อย (Goldenberg & Gallmore, 1991) ทั้งนี้เพราะข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น การอบรมไม่ตรงกับความต้องการของครู การอบรมไม่เชื่อมโยงกับการปฏิบัติการสอนจริง การนำความรู้จากการอบรมไปปฏิบัติจริงเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาอย่างมาก และการขาดความช่วยเหลือให้กับครูอย่างต่อเนื่อง (ชนิพรรณ จาติเสถียร, 2557) โครงการคูปองพัฒนาครูจึงมุ่งลดข้อจำกัดเหล่านี้โดยอาศัยความร่วมมือกันระหว่าง สพฐ. ซึ่งมีหน้าที่เป็นผู้ผู้สนับสนุนงบประมาณให้กับครูในรูปแบบของคูปอง กับมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ซึ่งมีหน้าที่ออกแบบหลักสูตรการอบรมครู ในการนี้ ครูสามารถนำคูปองไปเลือกเข้ารับการอบรมในหลักสูตรที่ตนเองสนใจ นอกจากนี้ ครูยังได้รับ "การโค้ชชิ่ง[1]" (Coaching) ซึ่งวิทยากรทำการติดตาม

[1]ในประเทศไทย คำว่า "Coaching" ยังไม่มีการบัญญัติคำภาษาไทยอย่างเป็นทางการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544; ราชบัณฑิตสถาน, 2552) การโค้ชชิ่งจึงมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นการชี้แนะ (ชนิพรรณ จาติเสถียร, 2557) การสอนงาน (บุหงา วชิระศักดิ์มงคล และ สุภาณี เส็งศรี, 2556) หรือการให้คำปรึกษา (เอกภูมิ จันทรขันตี, 2559) อย่างไรก็ดี ผู้เขียนบทความนี้ขอทับศัพท์คำต้นฉบับในภาษาอังกฤษเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนกับคำอื่น ๆ ที่มีความหมายใกล้เคียงกัน

ชี้แนะ และให้การสนับสนุนครูภายหลังการอบรมอย่างใกล้ชิด ด้วยกระบวนการเหล่านี้ โครงการคูปองพัฒนาครูจึงเป็นความหวังใหม่ที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการปฏิบัติการสอนของครู

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการคูปองพัฒนาวิชาชีพครู โดยมหาวิทยาลัยพะเยาได้พัฒนาหลักสูตรการอบรมที่เน้นการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางที่ประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกให้กับสนับสนุน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553; Abd-El-Khalick et al., 2004) แต่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์รูปแบบนี้กลับยังไม่แพร่หลายมากนักในโรงเรียนทั่วไป (ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์ และคณะ, 2551; ลือชา ลดาชาติ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2551; Dahsah & Faikhamta, 2008) ด้วยเหตุนี้ หลักสูตรการอบรมครูจึงมุ่งเน้นการนำเสนอการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อถัดไป) ร่วมกับการติดตามเพื่อสนับสนุนครูที่เข้ารับการอบรมในรูปแบบของการโค้ชชิ่ง การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามว่า ภายหลังจากการอบรม ครูนำรูปแบบกิจกรรมไปประยุกต์ใช้อย่างไร และประสบปัญหาอะไรในการประยุกต์ใช้กิจกรรมนั้น ผลการวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จะให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับการปรับปรุงการอบรมในอนาคต หากยังช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับอุปสรรคของครูในการจัดการเรียนการสอนด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

## กิจกรรมการอบรม

ในขณะที่การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมามักอยู่ในรูปแบบวัฏจักร 5Es (Bybee et al., 2006) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นสร้างคำอธิบาย (Explanation) ขั้นขยายความคิด (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งนักเรียนจะถูกกระตุ้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล นำข้อมูลมาสร้างเป็นคำอธิบาย นำคำอธิบายไปประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์ใกล้เคียง และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ตามลำดับ แม้วัฏจักร 5Es เน้นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่ครูหลายคนกลับจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนเหล่านี้ โดยปราศจากการเน้นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Faikhamta & Ladachart, 2016) ด้วยเหตุนี้ การอบรมจึงหลีกเลี่ยงการนำเสนอ “ขั้นตอน” ที่ครูต้องปฏิบัติตาม แต่เน้นลักษณะสำคัญที่ครูควรให้ความสำคัญ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การจัดกระทำข้อมูล การลงข้อสรุปจากข้อมูล การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน และการโต้แย้งด้วยหลักฐาน

หลักสูตรการอบรมได้รับอิทธิพลมาจากการวิจัยของ Chinn & Malhotra (2002) ซึ่งเสนอแนะว่า การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่ควรเรียบง่ายและตรงไปตรงมาจนเกินไป ไม่ว่าจะเป็นการทดลองอย่างง่ายที่มีการระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามไว้แล้ว การสังเกตอย่างง่ายที่มีการระบุลักษณะเป้าหมายของการสังเกตไว้ล่วงหน้า และการสาธิตอย่างง่ายที่มุ่งเน้นการนำเสนอหรือยืนยันแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างตรงไปตรงมา แต่กิจกรรมการเรียนรู้ควรคงไว้ซึ่งความซับซ้อนทางสติปัญญาระดับหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสและท้าทายให้นักเรียนได้คิด ปฏิบัติ ลงข้อสรุป ให้เหตุผล และโต้แย้ง เฉกเช่นเดียวกับกระบวนการสืบเสาะเพื่อให้ได้มา

ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (Epistemological authentic inquiry) ในการนี้ พวกเขาได้นำเสนอรูปแบบกิจกรรมต่าง ๆ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและปฏิบัติเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

*1. การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่า (Verbal design of studies)*

การออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบและประเมินการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้แม้ในโรงเรียนที่ขาดแคลนอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการที่ครูนำเสนอเหตุการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น นักเรียนจะได้ออกแบบการศึกษาเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น โดยนักเรียนอาจร่วมกันทำเป็นกลุ่ม จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการออกแบบของตนเอง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ประเมิน วิพากษ์ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบนั้น กระบวนการนี้จะช่วยให้นักเรียนตรวจสอบว่า การออกแบบการศึกษา (ทั้งของตนเองและของผู้อื่น) สามารถตอบได้ตรงคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ทั้งในแง่ของการกำหนดตัวแปรต่าง การตั้งสมมติฐาน การจัดกระทำให้ตัวแปรต้นมีได้หลายค่า การเลือกวิธีการและเครื่องมือเพื่อวัดค่าของตัวแปรตาม การควบคุมค่าของตัวแปรควบคุมให้คงตัว การออกแบบตารางบันทึกข้อมูลการเลือกวิธีการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล และการคาดการณ์ว่า ข้อมูลลักษณะใดที่จะสนับสนุนหรือหักล้างสมมติฐานนั้น นอกจากนี้ นักเรียนยังได้พิจารณาเพื่อหาวิธีการลดความคลาดเคลื่อนและสร้างความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาอีกด้วย แม้นักเรียนยังไม่ได้ลงมือปฏิบัติตามการออกแบบการศึกษาด้วยตนเองก็ตาม

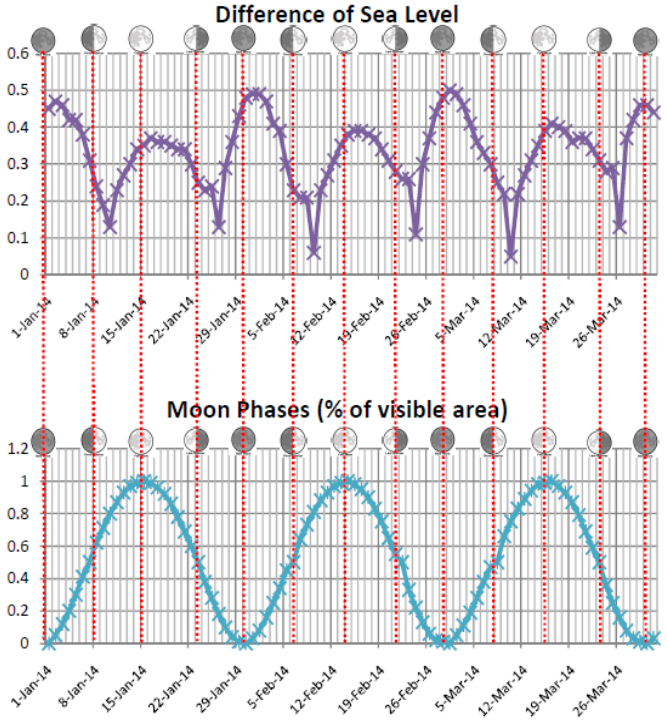
ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการศึกษาด้วยปากเปล่าคือกิจกรรมเรื่อง “ภาวะโลกร้อน” (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2560) กิจกรรมนี้เริ่มต้นด้วยการนำเสนอสถานการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีส่วนคล้ายกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศของโลก จากนั้น ครูจึงนำเสนอคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยในบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นหรือไม่”ในการนี้ ครูอาจจำเป็นต้องย้ำกับนักเรียนว่า โลกได้รับพลังงานแทบทั้งหมดมาจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบของแสงแดดและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่น ๆ จากนั้น ครูจึงให้นักเรียนออกแบบการศึกษาเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นี้ เนื่องจากนักเรียนไม่อาจทำการศึกษากับบรรยากาศของโลกได้โดยตรง ดังนั้น นักเรียนจึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองที่คล้ายกับบรรยากาศของโลกและทำการทดลองกับแบบจำลองนั้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจเสนอวิธีการทดลองโดยการใช้ขวดพลาสติกใส 2 ใบ เพื่อจำลองเป็นบรรยากาศของโลกภายใต้ 2 เงื่อนไข โดยขวดใบหนึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าขวดอีกใบหนึ่ง จากนั้น นักเรียนนำขวดพลาสติกใสทั้งคู่ไปตากแดด และวัดอุณหภูมิของอากาศภายในขวดแต่ละใบในช่วงเวลาต่างๆ ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบว่า ความแตกต่างของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในขวดทั้ง 2 ใบหรือไม่ ในการนี้ นักเรียนจะได้ประเมินวิธีการทดลองนี้ว่า ตัวแปรต่าง ๆ ของการทดลองนี้คืออะไร นักเรียนจะจัดกระทำตัวแปรต้นให้มีหลายค่าได้อย่างไร นักเรียนจะวัดค่าของตัวแปรตามอย่างไรและด้วยเครื่องมือใด นักเรียนจะควบคุมตัวแปรอื่นให้มีค่าคงตัวอย่างไร และนักเรียนจะบันทึกผลการทดลองอย่างไร นอกจากนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ด้วยว่า ความคลาดเคลื่อนของ

ผลการทดลองอาจเกิดขึ้นได้ด้วยสาเหตุใด และนักเรียนจะสร้างความน่าเชื่อถือของผลการทดลองนี้ได้อย่างไร ทั้งหมดนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของการทดลองทางวิทยาศาสตร์

*2. การวิเคราะห์ฐานข้อมูล (Database analysis)*

การวิเคราะห์ฐานข้อมูลเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอสถานการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น ครูจึงนำเสนอชุดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์จากหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือ ชุดข้อมูลนี้อาจเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและ/หรือข้อมูลเชิงคุณภาพ แต่ต้องมีความซับซ้อนระดับหนึ่ง ซึ่งจะท้าทายและดึงดูดให้นักเรียนพยายามวิเคราะห์หาคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น จากนั้น ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์ชุดข้อมูลนั้นด้วยตัวเอง ในการนี้ นักเรียนอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและความคิดสร้างสรรค์ในการหาวิธีการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายชัดเจนมากขึ้น จากนั้น นักเรียนจึงร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการลงข้อสรุปที่เหมาะสมบนพื้นฐานของผลการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น โดยนักเรียนจำเป็นต้องให้เหตุผลเพื่อชี้แจงการลงสรุปของตนเองด้วย จนกระทั่งนักเรียนทั้งชั้นได้ข้อสรุปที่ดีที่สุดร่วมกัน

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการวิเคราะห์ฐานข้อมูลคือกิจกรรมเรื่อง “น้ำขึ้นน้ำลง” (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2560) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอวีดิทัศน์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้น ครูจึงถามนักเรียนว่า “วัฏจักรการขึ้นและลงของน้ำทะเลใช้เวลานานเท่าใด” จากนั้น ครูอาจนำเสนอข้อมูลระดับน้ำทะเลของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ (2560) ซึ่งอยู่ในรูปแบบของตัวเลขในตาราง เพื่อให้นักเรียนลองแปลงข้อมูลที่เป็นตัวเลขนี้ให้อยู่ในรูปแบบของกราฟที่มีเวลาเป็นแกนนอนและระดับน้ำทะเลเป็นแกนตั้ง จากนั้น นักเรียนต้องตีความหมายกราฟนั้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนลงข้อสรุปได้ว่า จากเวลาที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด น้ำทะเลจะลงและกลับมาขึ้นสูงสุดอีกครั้งจะใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ดังนั้น ภายในเวลา 24 ชั่วโมง น้ำทะเลจะมีช่วงเวลาที่ขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดประมาณ 2 ครั้ง/วัน จากนั้น ครูอาจให้นักเรียนลองตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่อาจเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง โดยหนึ่งในสาเหตุเหล่านั้นควรเป็นดวงจันทร์ จากนั้น ครูอาจนำเสนอข้อมูลดิถีดวงจันทร์ที่มีส่วนมืดและส่วนสว่างเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละคืน ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณได้ในรูปแบบของร้อยละของพื้นที่ส่วนสว่างของดวงจันทร์ในแต่ละคืน (Calendar-365, 2016) ครูอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนลองวิเคราะห์ข้อมูล 2 ชุด (ข้อมูลระดับน้ำทะเล และข้อมูลดิถีดวงจันทร์) เพื่อตรวจสอบว่า ข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่และอย่างไร ในการนี้ นักเรียนอาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการนี้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน จนกระทั่งนักเรียนได้กราฟที่แสดงว่า ผลต่างของระดับน้ำทะเลสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันจะเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของลักษณะดวงจันทร์ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุนข้อสรุปที่ว่า ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงเกี่ยวข้องกับดวงจันทร์ข้อสรุปนี้จะเป็นพื้นฐานสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้เกี่ยวกับแรงไทดอลต่อไป




ภาพที่ 1: กราฟเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของระดับน้ำทะเลสูงสุดและต่ำสุดกับลักษณะของดวงจันทร์ในแต่ละวัน

*3. การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (Evidence-Based Explanation Building)*

การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐาน การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอสถานการณ์ที่จะนำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะคำถามที่มุ่งอธิบายว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใด ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้น ครูจึงนำเสนอหลักฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้น ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้ลงข้อสรุปจากหลักฐานเหล่านั้น ในการนี้ ครูอาจจำเป็นต้องร่วมอภิปรายกับนักเรียนว่า การลงข้อสรุปแบบใดเป็นการลงข้อสรุปที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน การลงข้อสรุปแบบใดเป็นการลงข้อสรุปที่เกินจากหลักฐาน และการลงข้อสรุปแบบใดที่คลาดเคลื่อนไปจากหลักฐาน (ลือชา ลดาชาติ และคณะ, 2558) เมื่อนักเรียนได้ลงข้อสรุปจากหลักฐานทั้งหมดแล้ว ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำข้อสรุป จากหลักฐานเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ ครูอาจเน้นย้ำเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น คำอธิบายนั้นต้องตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ คำอธิบายนั้นต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน คำอธิบายนั้นต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น และคำอธิบายนั้นต้องไม่ขัดแย้งกันในตัวเอง เป็นต้น

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการประเมินหลักฐานคือกิจกรรมเรื่อง “ไขปริศนานกฟินช์” (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2560) กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการทบทวนความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จากนั้น ครูจึงนำเสนอเหตุการณ์ภัยแล้งครั้งใหญ่ที่เกาะแห่งหนึ่งในหมู่เกาะกาลาปากอส

ในปี ค.ศ. 1977 ซึ่งทำให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ (รวมทั้งนกฟินช์) ในเกาะแห่งนั้นล้มตายเป็นจำนวนมาก สถานการณ์นี้นำไปสู่คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ได้อย่างไร” ในการนี้ ครูให้นักเรียนพิจารณาและลงข้อสรุปจากหลักฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับนกฟินช์ เช่น (1) ประชากรนกฟินช์ในฤดูกาลต่าง ๆ ในช่วงปี ค.ศ. 1973 – 1978 (2) ชนิดอาหารและลักษณะจะงอยปากของนกฟินช์ (3) ขนาดจะงอยปากและสัดส่วนอาหารที่นกฟินช์กิน (4) ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ “ก่อน” และ “หลัง” การเกิดภัยแล้ง (5) ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ในช่วงปี 1976 – 1984 (6) จำนวนนกฟินช์และความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช (7) ความอุดมสมบูรณ์ ความแข็ง และขนาดของเมล็ดพืช (8) ขนาดตัวเฉลี่ยของนกฟินช์ “ก่อน” และ “หลัง” การเกิดภัยแล้ง และ (9) ปริมาณน้ำฝนและการออกไข่ของนกฟินช์ จากนั้น ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนเพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน แล้วครูจึงให้นักเรียนนำข้อสรุปเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบาย ทั้งนี้เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ได้อย่างไร” โดยคำอธิบายนั้นต้องแสดงความเชื่อมโยงระหว่างภัยแล้ง (สาเหตุ) กับความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ที่ลดลง (ผลที่เกิดขึ้น) บนพื้นฐานของหลักฐานต่าง ๆ

*4. การประเมินหลักฐาน (Evidence evaluation)*

การประเมินหลักฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการตีความหมายและประเมินหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอสถานการณ์ที่จะนำไปสู่คำถาม ซึ่งยังคงเป็นประเด็นหรือข้อถกเถียงกันในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ จากนั้น ครูจึงนำเสนอคำอธิบายหรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่อาจเป็นคำตอบของคำถามนั้น ร่วมกับการนำเสนอหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้พิจารณา ประเมิน และให้เหตุผลว่า ทฤษฎีหรือคำอธิบายใดตอบคำถามนั้นได้ดีที่สุด ในการนี้ นักเรียนแต่ละคนจำเป็นต้องเลือกทฤษฎีที่ตนเองเห็นด้วยมากที่สุด ในขณะเดียวกัน เมื่อครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้อภิปรายร่วมกันแล้ว นักเรียนก็ต้องพยายามโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตามทฤษฎีที่ตนเองได้เลือกไว้ และพยายามใช้เหตุผลเพื่อโต้แย้งหรือหักล้างความน่าเชื่อถือของทฤษฎีอื่น ๆ ทั้งนี้การพิจารณา ประเมิน และให้เหตุผลทั้งหมดต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่จำเป็นที่สุดอย่างน้อย 3 ประการ ได้แก่ ข้อสรุป หลักฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน (ลฎาภา สุทธกูล และ ลือชา ลดาชาติ, 2556)

ตัวอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนโดยการประเมินหลักฐานคือกิจกรรมเรื่อง “กำเนิดดวงจันทร์” (ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2560)กิจกรรมนี้เริ่มต้นจากการนำเสนอวิดิทัศน์ ซึ่งจะนำไปสู่คำถามที่ว่า “ดวงจันทร์(ของโลก)เกิดขึ้นได้อย่างไร” ซึ่งจะตามมาด้วยการนำเสนอทฤษฎีต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ในอดีตได้เสนอไว้ เช่น (1) ทฤษฎีฟิชชันที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เคยเป็นส่วนหนึ่งของโลก แต่เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ดวงจันทร์จึงหลุดออกจากโลกไป (2) ทฤษฎีเนบิวลาที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เกิดขึ้นมาด้วยกระบวนการเดียวกันกับโลก ซึ่งก็คือการรวมกันของกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กในเอกภพ (3) ทฤษฎีแคปเจอร์ที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เดิมเป็นอุกกาบาตที่โคจรผ่านมาใกล้โลก และถูกแรงโน้มถ่วงของโลกดึงดูดเอาไว้ และ (4) ทฤษฎีไจแอนท์โคลิสชันที่กล่าวไว้ว่า ดวงจันทร์เกิดจากการที่อุกกาบาตขนาดใหญ่พุ่งจนโลก จนมวลของโลกและมวลของอุกกาบาตฟุ้งกระจายไปรอบโลก

ก่อนที่มวลเหล่านั้นจะกลับมารวมกันอีกครั้งและกลายเป็นดวงจันทร์ จากนั้น ครูจึงให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาและเลือกทฤษฎีที่ตนเองเห็นด้วยมากที่สุด แล้วครูจึงนำเสนอหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น รูปร่างของดวงจันทร์ ขนาดและมวลของดวงจันทร์ ลักษณะการหมุนรอบตัวเองของดวงจันทร์ ลักษณะการโคจรรอบโลกของดวงจันทร์ และองค์ประกอบของหินจากดวงจันทร์ ในการนี้ นักเรียนต้องพิจารณาและประเมินหลักฐานเหล่านี้ว่าสนับสนุนทฤษฎีที่ตนเองได้เลือกไว้หรือไม่ ทั้งนี้เพื่อโน้มน้าวและโต้แย้งกับผู้อื่นที่เห็นต่างไปจากตนเอง ในระหว่างนี้ นักเรียนจะได้พิจารณาด้วยว่า ข้อโต้แย้งใดที่มีและไม่มีหลักฐานสนับสนุนโดยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งนักเรียนทั้งหมดได้ข้อสรุปร่วมกันว่า ทฤษฎีใดอธิบายการเกิดดวงจันทร์ได้ดีที่สุด

## วิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา (Case study) (Merriam, 1998) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามว่า ภายหลังจากที่ครูได้เรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ แล้ว ครูได้นำกิจกรรมรูปแบบเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้อย่างไร และประสบกับปัญหาอะไรบ้าง กรณีศึกษาครั้งนี้อยู่ภายใต้กระบวนทัศน์ของการวิจัยเชิงคุณภาพ (ลือชา ลดาชาติ, 2558) ซึ่งผู้วิจัยสร้างความเข้าใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนของครูแต่ละคนผ่านคำพูด การกระทำ และร่องรอยการกระทำต่าง ๆ รายละเอียดของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

## บริบทวิจัย

การอบรมมีขึ้นในระหว่างวันที่ 25 – 26 มิถุนายน พ.ศ. 2559 ณ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา โดยครูที่เข้ารับการอบรมมีจำนวนทั้งสิ้น 58 คน การอบรมมุ่งเน้นการนำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ (1) การออกแบบการศึกษาปากเปล่า (2) การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย (3) การวิเคราะห์ข้อมูล และ (4) การประเมินหลักฐาน ตามลำดับ ซึ่งครูได้ทำกิจกรรมเหล่านี้เฉกเช่นนักเรียน ในขณะที่วิทยากร (คณะผู้วิจัย) ทำหน้าที่เป็นครู แม้ทุกกิจกรรมถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่ในระหว่างการอบรม ครูได้รับการเน้นย้ำว่า เป้าหมายหลักของการอบรมคือการทำความเข้าใจแนวทางการจัดกิจกรรมรูปแบบต่าง ๆ ภายหลังการอบรมในระหว่างเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2559 ครูได้รับมอบหมายให้นำกิจกรรมรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนของตนเอง

### ผู้ให้ข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยนี้มุ่งศึกษาการนำแนวทางการจัดกิจกรรมไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียน ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงด้วยเกณฑ์ความสมัครใจ (Convenient sampling) (Patton, 2002) ด้วยเกณฑ์นี้ ครูจำนวน 6 คน แสดงความยินดีให้ข้อมูลกับผู้วิจัย ครูเหล่านี้เป็นผู้ซึ่งมีทัศนคติที่ดีต่อการอบรม ดังที่ผู้วิจัยสังเกตได้จากการมีส่วนร่วมและการแสดงความคิดเห็นในระหว่างการอบรม และถึงแม้ว่าครูเหล่านี้มาจากการเลือกแบบเจาะจง แต่เมื่อผู้วิจัยพิจารณาข้อมูลพื้นฐานของครูแต่ละคน ครูเหล่านี้มีความหลากหลายในระดับหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นเพศ (ชาย 2 คน และหญิง 4 คน) ประสบการณ์สอน (น้อยกว่า 10 ปี 3 คน และมากกว่า 10 ปี 2 คน) วุฒิการศึกษา (ปริญญาตรี 1 คน และ

ปริญญาโท 5 คน) และวิทยฐานะ (ปฏิบัติการ 1 คน ชำนาญการ 3 คน และชำนาญการพิเศษ 2 คน) ดังปรากฏในตารางที่ 1 ครูทั้ง 6 คน มาจาก 6 โรงเรียนในจังหวัดทางภาคเหนือ ซึ่งอยู่ห่างจากจังหวัดพะเยาประมาณ 92.8-193.5 กิโลเมตร อัตราส่วนของครูที่ยินดีให้ข้อมูลที่น้อยอาจเป็นผลมาจากการรับรู้ของครูส่วนใหญ่ว่า ผู้วิจัยจะทำการประเมินการปฏิบัติการสอนของตนเอง แม้คณะผู้วิจัยได้แจ้งกับครูทุกคนในระหว่างการอบรมแล้วว่า การติดตามในการวิจัยครั้งนี้จะไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อครูผู้ให้ข้อมูลก็ตาม ในรายงานฉบับนี้ คณะผู้วิจัยอ้างถึงครูแต่ละคนตามลำดับที่ถูกกำหนดขึ้นด้วยการสุ่ม

ตารางที่ 1: ข้อมูลพื้นฐานของครูที่ให้ข้อมูล

| คนที่ | เพศ | ประเภทโรงเรียน | ประสบการณ์สอน(ปี) | การศึกษาสูงสุด | วิทยฐานะ | วิชาเอกที่สำเร็จปริญญาตรี | วิชา/ระดับชั้นที่สอนในคลิป |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ชาย | ระดับมัธยมศึกษา | 9 | ปริญญาโท | ชำนาญการ | ไม่ระบุ | ชีววิทยา ม.6 |
| 2 | หญิง | ระดับประถมศึกษา | 19 | ปริญญาโท | ชำนาญการพิเศษ | ภาษาไทย | วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ม.1 |
| 3 | หญิง | ระดับมัธยมศึกษา | 16 | ปริญญาโท | ชำนาญการ | เคมีศึกษา | วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ม.4 |
| 4 | หญิง | ระดับมัธยมศึกษา | 9 | ปริญญาโท | ชำนาญการ | ชีววิทยา | ชีววิทยา ม.6 |
| 5 | ชาย | ระดับมัธยมศึกษา | 6 | ปริญญาโท | ไม่มี (ปฏิบัติการ) | จุลชีววิทยา | วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ม.3 |
| 6 | หญิง | ระดับมัธยมศึกษา | 30 | ปริญญาตรี | ชำนาญการพิเศษ | เคมี | เคมี ม.5 |

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ด้วยเหตุผลด้านระยะทาง คณะผู้วิจัยไม่สามารถเดินทางไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองได้ ในการนี้คณะผู้วิจัยจึงขอให้ครูแต่ละคนบันทึกการจัดการเรียนการสอนของตนเองอย่างน้อย 1 ครั้ง ซึ่งเป็นครั้งที่ครูนำรูปแบบกิจกรรมจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ และส่งบันทึกนั้นทางไปรษณีย์หรือผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์มายังคณะผู้วิจัย ในการนี้ คณะผู้วิจัยเน้นย้ำว่า ครูไม่จำเป็นต้องนำกิจกรรมทุกรูปแบบมาประยุกต์ใช้ ทั้งนี้เพราะกิจกรรมแต่ละรูปแบบอาจเหมาะสมกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ครูจึงควรเลือกว่า ตนเองจะประยุกต์ใช้กิจกรรมรูปแบบใดกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ใด การเก็บข้อมูลด้วยวิธีการนี้แม้มีข้อจำกัดว่า คณะผู้วิจัยไม่สามารถสังเกตเหตุการณ์อื่นที่อยู่นอกเหนือมุมกล้องได้ แต่วิธีการนี้ก็มีข้อดีตรงที่ว่า คณะผู้วิจัยสามารถหลีกเลี่ยงการแสดงปฏิกิริยา ไม่ว่าเชิงบวกหรือเชิงลบ ที่อาจมีอิทธิพลต่อครูในระหว่างการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากการวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาปฏิกิริยาของนักเรียน แต่เป็นการปฏิบัติการสอนของครูเท่านั้น การบันทึกการจัดการเรียนการสอนของครูเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นครั้งที่ครูคิดว่าดีที่สุด คณะผู้วิจัยสามารถตีความได้ว่า ครูเลือกกิจกรรมรูปแบบใดไปประยุกต์ใช้ การประยุกต์ใช้นั้นเป็นอย่างไร และครูประสบกับปัญหาใดบ้าง

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ในขั้นตอนที่ 1 คณะผู้วิจัยแยกกันตีความการจัดการเรียนการสอนของครูแต่ละคน โดยคณะผู้วิจัยสร้างข้อตกลงร่วมกันว่า ขั้นตอนนี้เป็นการให้รหัสว่า ครูแต่ละคนประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบใด (การออกแบบการศึกษาปากเปล่า การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย การวิเคราะห์

ข้อมูล และการประเมินหลักฐาน) และการประยุกต์ใช้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักของกิจกรรมหรือไม่ ตัวอย่างเช่น หากครูเลือกใช้กิจกรรม “การออกแบบการศึกษาปากเปล่า” ผู้วิจัยจะพิจารณาว่า ครูนำเสนอเหตุการณ์อะไรเพื่อนำไปสู่คำถามที่ท้าทายให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และครูส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์อย่างไร หากครูเลือกใช้กิจกรรม “การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน” ผู้วิจัยจะพิจารณาว่า ครูใช้หลักฐานอะไรบ้าง และหลักฐานเหล่านั้นเพียงพอให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ การวิเคราะห์เช่นนี้ช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจว่า ครูได้นำกิจกรรมรูปแบบต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้หรือไม่และอย่างไร หากผู้วิจัยเห็นว่า ครูคนใดไม่ได้นำรูปแบบกิจกรรมจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยสร้างรหัสอื่น ๆ ขึ้นมาแทน (เช่น การลงมือปฏิบัติตามขั้นตอน)

เมื่อผู้วิจัยแต่ละคนมีผลการตีความของตนเองแล้ว ขั้นตอนที่ 2 จึงเป็นการนำผลการตีความเหล่านั้นมาพิจารณาร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อดูระดับความสอดคล้องระหว่างผู้วิจัย (Researcher triangulation) หากคณะผู้วิจัยมีการตีความที่แตกต่างกัน คณะผู้วิจัยสังเกตบันทึกการจัดการเรียนการสอนร่วมกันอีกครั้ง และระบุเหตุผลของการตีความแต่ละคนเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน ตัวอย่างเช่น ในกรณีของครูคนที่ 1 คณะผู้วิจัยมีการตีความแตกต่างกัน โดยผู้วิจัยคนหนึ่งตีความว่า ครูคนนี้ใช้กิจกรรม “การวิเคราะห์ฐานข้อมูล” ทั้งนี้เพราะครูให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลและลงข้อสรุปเอง ในขณะที่ผู้วิจัยอีกคนหนึ่งตีความว่า ครูคนนี้ใช้กิจกรรม “การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน” ทั้งนี้เพราะครูคนนี้ได้ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากกราฟที่ตนเองสร้างขึ้น ในกรณีเช่นนี้ คณะผู้วิจัยพิจารณาร่วมกันและเห็นว่า การตีความทั้งคู่มีหลักฐานรองรับ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงให้รหัสว่า ครูคนที่ 1 บูรณาการกิจกรรมทั้งสองรูปแบบเข้าด้วยกัน จากนั้น ในขั้นตอนที่ 3 คณะผู้วิจัยจึงวิเคราะห์รหัสทั้งหมดเพื่อหาลักษณะร่วมและสร้างเป็นข้อสรุป (Themes) คณะผู้วิจัยได้ส่งข้อสรุปให้ครูแต่ละคนตรวจสอบ (Member check) เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย

## ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของครู 6 คน คณะผู้วิจัยพบว่า ครู 3 คน นำรูปแบบกิจกรรมจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยครูคนหนึ่งจัดกิจกรรมในลักษณะรูปแบบ “การประเมินหลักฐาน” ในการเรียนการสอนเรื่องปิโตรเคมี ส่วนครูอีกคนหนึ่งจัดกิจกรรมในลักษณะรูปแบบ “การออกแบบการศึกษาปากเปล่า” ในการเรียนการสอนเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง ในขณะที่ครูอีกคนหนึ่งจัดกิจกรรมที่บูรณาการรูปแบบ “การวิเคราะห์ข้อมูล” กับ “การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน” ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนประชากร รายละเอียดการจัดการเรียนการสอนของครูแต่ละคนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ โดยคณะผู้วิจัยอ้างถึงครูแต่ละคนด้วยตัว T ซึ่งตามด้วยตัวเลข 1-6 (บทสนทนาทั้งหมดมาจากบันทึกการจัดการเรียนการสอนที่ครูแต่ละคนส่งมายังคณะผู้วิจัยผ่านทางเครือข่ายสังคมออนไลน์หรือทางไปรษณีย์)

**การประเมินหลักฐาน**

ครูคนที่ 6 จัดการเรียนการสอนเรื่อง เชื้อเพลิงในชีวิตประจำวัน โดยการถามนักเรียนว่า“นักเรียนมาโรงเรียนกันอย่างไร” “ใครนำมอเตอร์ไซด์มาโรงเรียนบ้าง” และ “ใครนั่งรถโดยสารมาบ้าง” ทั้งนี้เพื่อสร้างความเข้าใจ

เบื้องต้นร่วมกับนักเรียนว่า น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงที่นักเรียนใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน จากนั้น เธอจึงอภิปรายเกี่ยวกับชนิดของน้ำมันในท้องตลาด (เช่น เบนซิน91 เบนซิน95 แก๊สโซฮอล91 แก๊สโซฮอล95 E10 E20 และ E85) และตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนหาคำตอบว่า“น้ำมันเบนซินกับแก๊สโซฮอล์ อย่างไหนคุ้มค่าน่าเติมกว่ากัน” นักเรียนได้ทำการทดลองเกี่ยวกับสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิด ทั้งโดยการเผาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณเขม่า (ดังภาพที่ 2) และการวางน้ำมันทิ้งไว้ในภาชนะเปิดที่อุณหภูมิห้องเพื่อเปรียบเทียบอัตราการระเหย (ดังภาพที่ 3) ด้วยหลักฐานเหล่านี้ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น ราคาน้ำมัน ประเภทของเครื่องยนต์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นักเรียนจึงร่วมกันอภิปรายว่า น้ำมันชนิดใดคุ้มค่าต่อการเลือกใช้มากที่สุด

ภาพที่ 2: การเปรียบเทียบเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันแต่ละชนิด

ภาพที่ 3: การเปรียบเทียบอัตราการระเหยของน้ำมันแต่ละชนิด

**การออกแบบการทดลองปากเปล่า**

ครูคนที่ 5 จัดการเรียนการสอนเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง โดยการเท้าความคำถามจากคาบที่แล้วว่า “ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง” จากนั้น เขาจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันเสนอสมมติฐานต่าง ๆ เช่น แรงโน้มถ่วง ความสูง และน้ำหนักของวัตถุ ในการนี้ เขาบันทึกสมมติฐานทั้งหมดลงบนกระดาน และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกสมมติฐาน 1 อย่าง เพื่อตั้งเป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ (เช่น น้ำหนักของวัตถุส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงหรือไม่) จากนั้น นักเรียนจึงเริ่มทำออกแบบการทดลองเพื่อตอบคำถามนั้น และบันทึกการออกแบบการทดลองลงในกระดาษฟลิปชาร์ต เพื่อให้ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ในระหว่างนี้ เขาตั้งคำถามต่าง ๆ

เพื่อเน้นย้ำถึงลักษณะสำคัญของการทดลองทางวิทยาศาสตร์ (เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้น) ดังตัวอย่างบทสนทนาต่อไปนี้

T5: เราคิดว่าอะไรส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง

S: น้ำหนัก

T5: แล้วเราจะทดลองยังไง […]

S: นำดินน้ำมันไปชั่งหาน้ำหนัก วัดระดับความสูง ปล่อยดินน้ำมันแล้วบันทึกผลลงในตาราง แล้วก็สรุปผลค่ะ

T5: ดินน้ำมันนี้ เราไปชั่งหาน้ำหนัก เรามีดินน้ำมัน 2 ก้อน ดินน้ำมัน 2 ก้อนนี้เป็นยังไง เหมือนกันไหม

S: ไม่เหมือนครับ

T5: ไม่เหมือนกันยังไงครับ

S: น้ำหนักต่างกัน

T5: มีน้ำหนักต่างกัน ก้อนแรกน้ำหนักเท่าไหร่ …

**การวิเคราะห์ฐานข้อมูล + การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน**

การจัดการเรียนการสอนเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนประชากร ครูคนที่ 1 นำรูปแบบกิจกรรม “การวิเคราะห์ฐานข้อมูล” และ “การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน” มาบูรณาการกัน โดยเขาเริ่มต้นด้วยการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้นักเรียนวาดกราฟที่แสดงจำนวนประชากรในช่วงเวลาต่าง ๆ จากนั้น เขาจึงอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับความหมายของกราฟนั้นเพื่อสร้างคำอธิบายว่า อะไรทำให้จำนวนประชากรเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ดี เนื่องจากข้อมูลที่ครูคนที่ 1 ให้นักเรียนวิเคราะห์มีจำกัดแค่จำนวนประชากรในแต่ละปี นักเรียนจึงขาดโอกาสในการเชื่อมโยงข้อมูลนี้กับข้อมูลอื่น ๆ (เช่น ช่วงเวลาที่เกิดความก้าวหน้าทางการแพทย์ การขยายตัวของการใช้ทรัพยากรที่ดิน และช่วงเวลาที่มีการรณรงค์การคุมกำเนิด) เพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในระดับที่ซับซ้อนขึ้น การถามตอบในชั้นเรียนจึงปรากฏในลักษณะของการถามตอบที่ครูเป็นผู้ชี้นำ โดยนักเรียนไม่ได้สร้างคำอธิบายด้วยตนเองทั้งหมด นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายน้อยและมีแนวโน้มที่จะรอฟังคำเฉลยจากครู ดังบทสนทนาในชั้นเรียนต่อไปนี้

T1: จากที่นักเรียนสร้างกราฟมา ลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นยังไงครับ

S: เพิ่มขึ้น

T1: จำนวนประชากรจะมีการเพิ่มขึ้น เพิ่มขึ้นอย่างน้อย(ช้า)หรืออย่างรวดเร็วครับ

S: อย่างรวดเร็ว

T1: จากกราฟ เราก็สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ประชากร ในบางช่วง ช่วงใดช่วงหนึ่ง จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมันก็มีสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้ประชากรมีขนาดหรือมีจำนวนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เราจะมาอธิบายกันในเรื่องนี้นะครับ จากที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมไปแล้วเมื่อกี้ (ครู) มีคำถามที่จะถาม

นักเรียนนะครับ คำถามแรกนะครับ จากกราฟที่นักเรียนทำ การเพิ่มของประชากรจากอดีตถึงปัจจุบันมีลักษณะเป็นอย่างไรครับ ใครจะตอบได้บ้างครับ

S: เพิ่มขึ้น แต่ไม่เท่ากัน

T1: คือแต่ละช่วงจะเพิ่มขึ้น มันมีช่วงไหนที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดครับ

S: [เสียงไม่ชัด]

T1: ดีมากครับ นักเรียนปรบมือให้เพื่อนหน่อยครับ

S: [ปรบมือ]

T1: จากกราฟที่เราทำ เราจะสังเกตเห็นว่า มันจะมีช่วงที่ประชากรมันมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น คือในช่วงปี 2490-2533 นะครับ อันนี้นักเรียนคิดว่า การเพิ่มของประชากร นักเรียนคิดว่ามีสาเหตุจากอะไรครับ

S: เพราะว่า การแพทย์และเทคโนโลยีต่าง ๆ มีความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น

T1: การแพทย์และเทคโนโลยีมีความเจริญมากขึ้นกว่าแต่ก่อนมาก ใช่ไหมครับ มีใครเพิ่มเติมบ้างครับ ยังไม่มีนะครับ อันนี้ก็เป็นข้อสรุปที่น่าจะใช้ได้นะครับ เพราะว่าการแพทย์ มีเจริญความก้าวหน้ากว่าในอดีตมาก เมื่อเทียบกับสมัยอยุธยาสุโขทัย

นอกจากครูคนที่ 1 5 และ 6 ที่นำรูปแบบกิจกรรมจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนของตนเองแล้ว ครูอีก 3 คน (T2-T4) ไม่มีหลักฐานการนำรูปแบบกิจกรรมจากการอบรมไปประยุกต์ใช้อย่างชัดเจน โดยครู 2 คน (T2 และ T4) แม้จัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ (การทดสอบสารที่เป็นกรด และการสกัดดีเอ็นเอตามลำดับ) แต่การลงมือปฏิบัตินั้นเป็นไปในลักษณะของการทำตามขั้นตอนที่ครูกำหนดไว้ล่วงหน้า ไม่ใช่การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ดังตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนของครูคนที่ 2 ต่อไปนี้

**กิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติตามขั้นตอน**

ครูคนที่ 2 จัดการเรียนการสอนเรื่องกรดเบส เธอเริ่มต้นบทเรียนด้วยการเกริ่นว่า สารในชีวิตประจำวันมี 2 ประเภท[2] ได้แก่ สารที่เป็นกรด และสารที่เป็นเบส จากนั้น เธอจึงให้นักเรียนยกตัวอย่างสารแต่ละชนิด (เช่น น้ำส้มสายชูเป็นกรด และน้ำขี้เถ้าเป็นเบส) ในระหว่างนี้ นักเรียนคนหนึ่งถามว่า เกลือเป็นกรดหรือเป็นเบส เธอจึงใช้โอกาสนี้นำเข้าสู่กิจกรรมว่า “เดี๋ยวเราลองมาทดลองกันนะค่ะว่า เกลือเป็นกรดหรือเป็นเบส” จากนั้น เธอให้นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่องสารที่เป็นกรด ในระหว่างนี้ เธอได้นำวัสดุอุปกรณ์มาวางไว้ตรงหน้านักเรียนแต่ละกลุ่ม เมื่อนักเรียนศึกษาใบความรู้เสร็จแล้ว เธอจึงให้นักเรียน “ดูในหน้าถัดไป (ซึ่งเป็น)กิจกรรมการทดลอง(เรื่อง) กรดมีสมบัติแบบใด” เธอให้นักเรียนอ่านรายชื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ และ “ทำการทดลองไปพร้อม ๆ กัน” ซึ่งนักเรียนทำการทดสอบกรดด้วยกระดาษลิตมัสและการนำกรดหยดลงบนหินปูน ในระหว่างนี้ เธอเดินไปรอบ ๆ เพื่อสังเกตนักเรียนแต่ละกลุ่ม และแนะนำว่า

[2]ในตอนแรก ครูคนที่ 3 มีแนวโน้มที่จะนำเสนอแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้เพราะเธอไม่ได้กล่าวถึงสารที่เป็นกลาง แต่ในเวลาต่อมาเมื่อนักเรียนหลายคนระบุว่า น้ำเปล่ามีสมบัติเป็นเบส เธอจึงกล่าวถึงสารที่เป็นกลาง

T2: "หยด(สารที่นักเรียนจะทดสอบ)กี่หยดคะ ... 2-3 หยด สังเกตการเปลี่ยนแปลง เห็นอะไรไหม ... มันเป็นสีอะไร สีฟ้า ๆ ไหม ฟ้าอ่อน ๆ ใช่ไหมคะ อ่ะบันทึกผล"

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จแล้ว เธอจึงให้นักเรียนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม ในการนี้ แม้เธอกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม โดยเฉพาะนักเรียนที่ "ทำการทดลองแล้ว(ได้ผลที่)แปลกไปจากเพื่อน" แต่ไม่มีนักเรียนคนใดแสดงความคิดเห็น เธอจึงสรุปบทเรียนว่า "เมื่อเราทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส (กรด) จะต้องเปลี่ยน(กระดาษลิตมัส)จากสีน้ำเงินเป็นสีแดง ... กรดมีฤทธิ์กัดกร่อน เมื่อเราทดสอบ(โดยการ)หยดลงไปบนหินปูน ก็จะมีฟองแก๊ส"

**เทคนิคการจัดการชั้นเรียน**

ครูคนที่ 3 ไม่ได้นำรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาใช้ แต่เธอได้นำวิธีการจัดการชั้นเรียนมาใช้ เนื่องจากการอบรมเรื่องการออกแบบการศึกษาปากเปล่า วิทยากรให้ครูบันทึกการออกแบบการทดลองของตนเองลงในกระดาษฟลิปชาร์ต ทั้งนี้เพื่อให้ครูคนอื่นได้อ่าน ตั้งคำถาม และ/หรือให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทดลอง ครูคนที่ 3 จึงนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนของตนเองในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพอลิเมอร์ เธอเริ่มต้นด้วยการอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้ที่นักเรียนได้เรียนจากคาบที่แล้ว จากนั้น เธอจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาเรื่อง "ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของพอลิเมอร์สังเคราะห์" แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มจึงช่วยกันเขียนสรุปเป็นความคิดรวบยอดในรูปแบบของแผนภาพลงในกระดาษฟลิปชาร์ต เช่นเดียวกับวิธีการที่วิทยากรใช้จัดกิจกรรมในระหว่างการอบรม เธอให้นักเรียนทุกกลุ่มนำแผนภาพของตนเองไปแปะตามผนังห้องและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสลับหมุนเวียนกันมาอ่านแผนภาพเหล่านั้น พร้อมทั้งเติมข้อมูลที่ขาดหายไปหรือตั้งคำถามที่ตนเองสงสัยก่อนที่นักเรียนจะกลับมาปรับปรุงแผนภาพของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## บทสรุปและการอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์บันทึกการจัดการเรียนการสอนของครู 6 คนที่ให้ข้อมูล ซึ่งผ่านการอบรมที่เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การออกแบบการศึกษาปากเปล่า การจัดกระทำและวิเคราะห์ฐานข้อมูล การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบาย และการประเมินหลักฐาน ผลการวิจัยเปิดเผยว่าครู 3 คนได้นำกิจกรรมบางรูปแบบไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนของตนเอง โดยครูคนที่ 1 ประยุกต์ใช้กิจกรรมรูปแบบ "การวิเคราะห์ฐานข้อมูล" ร่วมกับ "การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน" เพื่อจัดการเรียนการสอนเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนประชากร ในขณะที่ครูคนที่ 5 ประยุกต์ใช้กิจกรรมรูปแบบ "การออกแบบการศึกษาปากเปล่า" ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง ส่วนครูคนที่ 6 จัดการเรียนการสอนเรื่องปิโตรเคมีตามกิจกรรมรูปแบบ "การประเมินหลักฐาน" ผลการวิจัยนี้จึงสะท้อนว่า ครูจำนวนหนึ่งมีการตอบสนองเชิงบวกต่อการอบรม

อย่างไรก็ดี จากการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้กิจกรรมของครูทั้ง 3 คน ผู้วิจัยพบว่า ครูยังประยุกต์ใช้กิจกรรมรูปแบบเหล่านี้ได้ไม่สมบูรณ์นัก ในกรณีของครูคนที่ 1 ครูยังไม่ได้จัดเตรียมข้อมูลที่ซับซ้อนเพียงพอ นักเรียนมีเพียงข้อมูลชุดเดียว (จำนวนประชากรในแต่ละปี) แม้นักเรียนได้ฝึกจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของกราฟ และ

ตีความหมายจากกราฟที่ตนเองสร้างขึ้น แต่ด้วยข้อมูลที่จำกัด นักเรียนจึงขาดโอกาสเชื่อมโยงข้อมูลชุดนี้กับข้อมูลอื่น ๆ ในบริบทที่กว้างขึ้น เช่น พัฒนาการทางการแพทย์ นโยบายทางการเมือง อัตราการขยายของตัวเมือง และอัตราการใช้ทรัพยากร นักเรียนจึงมีข้อจำกัดในการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร ครูจึงต้องใช้คำถามเพื่อพานักเรียนไปสู่การสร้างคำอธิบาย ซึ่งในบางครั้ง นักเรียนอาจไม่สามารถติดตามสิ่งที่ครูต้องการนำเสนอได้ในทันที (ดังที่ปรากฏในบางช่วงบางตอนว่า นักเรียนเงียบหรือไม่ตอบคำถาม) ดังนั้น หากครูคนที่ 1 ต้องการจัดกิจกรรมรูปแบบนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เขาอาจต้องเตรียมข้อมูลที่จำเป็นให้ครบถ้วนมากขึ้น เพื่อแน่ใจว่า นักเรียนจะมีข้อมูลเพียงพอในการสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ และคณะ, 2558)

กรณีของครูคนที่ 5 ซึ่งประยุกต์ใช้กิจกรรมรูปแบบ “การออกแบบการศึกษาปากเปล่า” เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง ครูคนนี้เข้าใจจุดเน้นของกิจกรรมเป็นอย่างดี ดังที่ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่า เขาเริ่มต้นกิจกรรมด้วยคำถาม (ปัจจัยอะไรที่ส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง)ซึ่งกระตุ้นให้นักเรียนเสนอสมมติฐานต่าง ๆ ที่อาจเป็นไปได้ (เช่น น้ำหนักของวัตถุ) อันจะนำไปสู่การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ (เช่น น้ำหนักของวัตถุส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงหรือไม่) นอกจากนี้ เขายังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ตลอดจนการตั้งคำถามเพื่อเน้นย้ำลักษณะสำคัญของการออกแบบการทดลอง (เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นในการทดลอง) อย่างไรก็ดี ด้วยข้อมูลที่จำกัดจากการบันทึกการจัดการเรียนการสอนโดยครูคนที่ 5 คณะผู้วิจัยยังไม่เห็นว่า เขาได้กล่าวถึงเหตุผลที่นักเรียนต้องเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต้นหรือไม่ และเขาได้อภิปรายลักษณะสำคัญอื่น ๆ หรือไม่ โดยเฉพาะการสร้างคำนิยามเชิงปฏิบัติการเพื่อวัดค่าของตัวแปรตาม (พลังงานศักย์โน้มถ่วง) ซึ่งเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง และการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ (เช่น ความสูง) ที่อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง

กรณีของครูคนที่ 6 ซึ่งประยุกต์ใช้กิจกรรมรูปแบบ “การประเมินหลักฐาน” ครูคนนี้ก็แสดงถึงความเข้าใจจุดเน้นของกิจกรรม ดังที่ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่า เธอเริ่มต้นด้วยคำถาม (น้ำมันชนิดใดคุ้มค่าต่อการเลือกใช้) และนำเสนอหลักฐานให้นักเรียนได้พิจารณาด้วยตนเอง นอกจากนี้ เธอยังได้ต่อยอดความคิดจากการอบรม โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานปฐมภูมิ (แทนการนำหลักฐานทุติยภูมิมานำเสนอกับนักเรียน) นักเรียนจึงสามารถเข้าใจที่มาที่ไปของหลักฐานเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น แต่ด้วยคำถามที่ครูใช้ในการจัดกิจกรรมเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เป็นนามธรรมและขึ้นอยู่กับบุคคล (ความคุ้มค่า) นักเรียนบางคนอาจยังไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานเหล่านั้น (เขม่าจากการเผาไหม้ และการระเหยของน้ำมัน) กับสิ่งที่ตนเองต้องพิจารณาและตัดสินใจ (ความคุ้มค่า) ยกเว้นเสียว่า เธอได้อภิปรายเชื่อมโยงว่า หลักฐานเหล่านั้นเกี่ยวข้องกับความคุ้มค่าอย่างไร ด้วยเหตุนี้ แม้นักเรียนมีหลักฐานจำนวนหนึ่ง แต่การประเมินหลักฐานเหล่านั้นอาจไม่นำนักเรียนไปสู่ข้อสรุปหรือการตัดสินใจได้ ถึงกระนั้นก็ตาม คณะผู้วิจัยเชื่อว่า นักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 รูปแบบเหล่านี้จะมีโอกาสได้คิด ปฏิบัติ และฝึกฝนคุณลักษณะที่จำเป็นของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์

ในอีกมุมหนึ่ง ผลการวิจัยนี้เปิดเผยด้วยว่า ไม่ใช่ครูทุกคนที่จะตอบสนองต่อการอบรมตามที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ครูอีก 3 คน แม้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ แต่กลับไม่ได้นำกิจกรรมรูปแบบเหล่านั้นไป

ประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนของตนเอง ครู 2 คน ยังคงจัดกิจกรรมที่มีโครงสร้างที่แน่นอน โดยการกำหนดสิ่งที่นักเรียนต้องทำ สังเกต และบันทึกผล ในขณะที่ครูอีกคนหนึ่งสนใจวิธีการจัดการชั้นเรียนมากกว่ารูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างไรก็ดี ครูเหล่านี้อาจมีข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่เอื้อต่อการจัดกิจกรรมรูปแบบต่าง ๆ ที่ตนเองได้เรียนรู้จากการอบรม ตัวอย่างเช่น ครูอาจเห็นว่า การจัดการเรียนการสอนเรื่อง “การทดสอบกรด” และ “การสกัดดีเอ็นเอ” อาจไม่เหมาะกับกิจกรรมปลายเปิด ทั้งนี้เพราะนักเรียนควรได้ทราบและสามารถปฏิบัติตาม “วิธีการที่เป็นมาตรฐาน” ในทางวิทยาศาสตร์ได้ ในขณะที่บางเนื้อหา (เช่น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของพอลิเมอร์) อาจไม่เหมาะกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยในอนาคตอาจจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมว่า ครูเหล่านี้เข้าใจวัตถุประสงค์ของกิจกรรมแต่ละรูปแบบหรือไม่ ถ้าครูเหล่านี้เข้าใจ ครูเหล่านี้มีปัญหาในการเลือกรูปแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ตนเองสอนหรือไม่

โดยสรุปแล้ว การอบรมช่วยให้ครูบางคนเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนของตนเอง ขณะที่การเปลี่ยนแปลงอาจไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยกับครูบางคน นอกจากนี้ ในกรณีของครูที่เปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนหลังจากการอบรม ครูแต่ละคนอาจมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เหมือนกัน ในมุมมองของทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม (Constructivist theory of learning) คำอธิบายที่เป็นไปได้คือว่า ครูแต่ละคนมีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน (Conceptions about teaching) เป็นของตนเอง (Ladachart, 2011) ซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์ในอดีตของครูแต่ละคน การที่ครูจะตอบสนองต่อการอบรมอย่างไรจึงขึ้นอยู่กับว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนในการอบรมนั้นมีปฏิสัมพันธ์อย่างไรกับแนวคิดเดิมของครู หากการอบรมให้แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับแนวคิดเดิมของครู ครูก็มีแนวโน้มที่จะเปิดรับแนวทางจากการอบรม แต่หากไม่ ครูก็มีแนวโน้มที่จะเพิกเฉยต่อแนวทางจากการอบรม เนื่องจากการวิจัยนี้ไม่มีการศึกษาว่า ครูแต่ละคนมีแนวคิดเดิมเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนอย่างไร ผลการวิจัยนี้จึงบอกเป็นนัยว่า ครูแต่ละคนอาจมีแนวคิดเดิมเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้ครูแต่ละคนตอบสนองต่อแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่แตกต่างกัน

นอกจากแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแล้ว ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Understandings about nature of scientific inquiry) อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการตอบสนองต่อการอบรมที่เน้นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จากการวิจัยของ Buaraphan (2009) ครูวิทยาศาสตร์หลายคนมักมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้อาจเป็นสาเหตุให้ครูวิทยาศาสตร์จัดการเรียนการสอนโดยการกำหนดขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติตามจนกระทั่งนักเรียนได้ข้อสรุปตามที่ครูกำหนดไว้ ดังเช่นที่ปรากฏในกรณีของครู 2 คนในการวิจัยนี้ แม้การวิจัยนี้ไม่มีการศึกษาว่า ครูแต่ละคนมีความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ผลการวิจัยนี้บอกเป็นนัยว่า ครูบางคนอาจมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ, 2559) ซึ่งส่งผลให้ครูแต่ละคนตอบสนองต่อแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของการปฏิบัติตามขั้นตอนที่แน่นอน

ข้อจำกัดทางบริบทเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อการตอบสนองของครูต่อการอบรมที่เน้นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการเตรียมตัวที่มากและละเอียด (เช่น การคิดคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม การจัดเตรียมข้อมูลให้นักเรียนวิเคราะห์อย่างรอบด้าน และ/หรือการจัดหาหลักฐานให้นักเรียนประเมินอย่างรอบด้าน) ครูหลายคนจึงอาจไม่มีเวลาเพียงพอในการเตรียมตัว แม้ครูต้องการจัดการเรียนการสอนด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่หากบริบทไม่เอื้อให้ครูทำเช่นนั้น (เช่น วัสดุอุปกรณ์ที่ขาดแคลน ภาระงานอื่นที่มาก และเวลาที่จำกัด) ครูก็อาจจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่สมบูรณ์ (ดังเช่นที่ปรากฏในกรณีของครูคนที่ 1 และ 6) หรือครูอาจต้องเลือกใช้แนวทางอื่น ๆ ในการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบที่ง่ายและประหยัดเวลามากขึ้น

## ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยข้างต้นที่เปิดเผยว่า ครูแต่ละคนมีการตอบสนองที่แตกต่างกันต่อการอบรมที่เน้นการจัดการเรียนการสอนด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากแนวคิดเดิมเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ/หรือข้อจำกัดทางบริบทต่าง ๆ ของครูแต่ละคน ข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้คือ

1. การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีความละเอียดอ่อน เช่น การเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสม การตั้งคำถามที่ตรงประเด็น การใช้หลักฐานที่ครบถ้วนเพียงพอ และการอภิปรายโต้ตอบกับนักเรียนอย่างสร้างสรรค์ ถึงแม้ว่าครูมีการวางแผนมาในระดับหนึ่ง แต่ความละเอียดอ่อนเหล่านี้ต้องอาศัยการตัดสินใจทันทีทันใดในแต่ละช่วงเวลาของการจัดการเรียนการสอน การตัดสินใจที่เหมาะสมมีส่วนสำคัญที่จะทำให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนได้ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ การอบรมภายในเวลาจำกัดอาจทำให้ครูเข้าใจรูปแบบการจัดกิจกรรม แต่อาจไม่สามารถช่วยให้ครูจัดการกับความละเอียดอ่อนเหล่านี้ได้ทั้งหมด ครูจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนภายหลังจากการอบรม ทั้งนี้เพื่อให้ครูได้เรียนรู้จากการปฏิบัติการสอนจริง

2. ครูแต่ละคนต้องการการสนับสนุนที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้เพื่อจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ครูคนที่ 1 อาจต้องการความช่วยเหลือในเรื่องของการเตรียมตัวเพื่อหาข้อมูลที่เพียงพอให้นักเรียนได้วิเคราะห์และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครูคนที่ 2 อาจต้องการความช่วยเหลือในเรื่องของการสร้างความตระหนักว่า กิจกรรมการสืบเสาะที่ให้อิสระกับนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีกว่ากิจกรรมการลงมือปฏิบัติที่มีโครงสร้างแน่นอน (Bunterm et al., 2014) พร้อมกับการส่งเสริมการพัฒนากิจกรรมการสืบเสาะที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเองมากขึ้น การสนับสนุนที่ตรงประเด็นจะช่วยให้ครูเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนการสอนได้ง่ายขึ้น

3. เนื่องจากครูแต่ละคนมีความต้องการการสนับสนุนที่แตกต่างกันไป การให้การสนับสนุนครูอย่างใกล้ชิดในรูปแบบของการโค้ชชิ่ง ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในโครงการคูปองพัฒนาครู ไม่ว่าจะเป็นการสังเกตชั้นเรียน การให้ข้อมูลย้อนกลับและข้อเสนอแนะ การวางแผนและจัดการเรียนการสอนร่วมกับครู หรือการแก้ปัญหาในชั้นเรียนร่วมกับครู จึงมีศักยภาพที่จะเอื้อให้ครูเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนการสอนภายหลังจากการอบรม (Rudd et al.,

2009) งานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่า เมื่อครูได้รับการโค้ชชิ่งจากวิทยากรอย่างใกล้ชิด ครูสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางใหม่ที่ตนเองไม่คุ้นเคย และสามารถนำแนวทางนั้นไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนของตนเองได้ดี บ่อย และประสบผลสำเร็จมากขึ้น (Kretlow & Bartholomew, 2010) อย่างไรก็ดี การโค้ชชิ่งเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทั้งเวลา พลังงาน และการจัดการที่ดี (ทั้งในส่วนของครูและวิทยากร) การนำการโค้ชชิ่งสู่การปฏิบัติจึงเป็นความท้าทายในตัวของมันเอง งานวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษารูปแบบการโค้ชชิ่งที่เหมาะสมกับบริบททางการศึกษาของประเทศไทย

## ข้อจำกัด

ด้วยธรรมชาติของกรณีศึกษา งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดหลายประการ 1. ครูที่ให้ข้อมูลมีจำนวนน้อย และไม่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้น ผลการวิจัยนี้ไม่อาจครอบคลุมไปยังครูกลุ่มอื่น ๆ 2. ข้อมูลวิจัยมีจำกัด และมาจากการบันทึกการจัดการเรียนการสอนของครูเอง ดังนั้น ผลการวิจัยนี้แม้มีหลักฐานรองรับ แต่ก็เป็นเพียงข้อสรุปที่จำเพาะต่อบริบทของการวิจัยนี้เท่านั้น ครูคนอื่นอาจไม่ประสบปัญหาหรือประสบปัญหาที่แตกต่างไปจากครูในการวิจัยนี้

## บรรณานุกรม

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. (2560). *ระดับน้ำทำนาย สูงสุด-ต่ำสุด ปี 2560*. สืบค้น 12 กันยายน 2560, จาก http://www.hydro.navy.mi.th/servicestide.htm.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). *ศัพท์บัญญัติทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.

ชนิพรรณ จาติเสถียร. (2557). การชี้แนะทางปัญญาเพื่อการพัฒนาครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 28(7), 28-35.

ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์ นฤมล ยุตาคม และ พัฒนี จันทรโรทัย. (2551). การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต.*วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*, 29(1), 1-10.

บุหงา วชิระศักดิ์มงคล และ สุภาณี เส็งศรี. (2556). การติดตามผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาครูคุณภาพโดยใช้กระบวนการสร้างระบบพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring): ครูสังกัด สพป. สุโขทัย เขต 2 สาระภาษาไทย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 15(4), 165-172.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2552). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2552*. สืบค้น 15 พฤศจิกายน 2559, จาก http://rirs3.royin.go.th.

ลฎาภา สุทธกูล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 21(3), 107-123.

ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลือชา ลดาชาติ, กมลรัตน์ ฉิมพาลี, ณิชชฌา อาโยวงษ์, นพคุณ แงวกุดเรือ, สำเร็จ สระขาว, ชื่นหทัย หวังเอียด, และ จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2558). การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.*วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย สาขาสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปะ*, 35(1), 171-206.

ลือชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง. (2560). การใช้กิจกรรมการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของครูและศึกษานิเทศก์. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*, 38(1), 482-492.

ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา.*วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, 2(1), 24-44.

ลือชา ลดาชาติ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2551). การสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียงในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง.*วารสารวิจัย มข.*, 13(11), 1310-1320.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559ก). *ตารางสรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558*. สืบค้น11พฤศจิกายน 2559, จาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETP6_2558.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559ข). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2558*. สืบค้น11พฤศจิกายน 2559, จาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3_2558.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559ค). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558*. สืบค้น11พฤศจิกายน 2559, จาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2558.pdf.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545)*. กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิก จำกัด.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักพัฒนาครูและบุคลากรการศึกษา. (2559). *โครงการคูปองพัฒนาครู*. สืบค้น 9 ตุลาคม 2559, จาก http://teachercoupon.net/.

เอกภูมิ จันทรขันตี. (2559). รูปแบบของระบบพี่เลี้ยงและให้คำปรึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการสอนและการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนของครูวิทยาศาสตร์. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 10(1), 116-127.

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, P., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.

Buaraphan, K. (2009). Thai In-service Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32(2), 188-217.

Bunterm, T., Lee, K., Kong, J. N. L., Rattanavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A Comparison between Guided and Structured Inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gadner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Wesbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origin, Effectiveness, and Applications*. Retrieved 12 January 2017, from https://www.bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_0.pdf.

Calendar-365. (2016). *2016 Calendar*. Retrieved 12 September 2017, from https://www.calendar-365.com.

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.

Dahsah, C. & Faikhamta, C. (2008). Science Education in Thailand: Science Curriculum Reform in Transition. In R. K. Coll & N. Taylor. (Eds.). *Science Education in Context: An International Examination of the Influence of Context on Science Curricula Development and Implementation*. (pp. 291-330). Rotterdam: Sense Publishers.

Faikhamta, C. & Ladachart, L. (2016). Science Education in Thailand: Moving through Crisis to Opportunity. In M. Chiu (Ed.). *Science Education Research and Practice in Asia*. (pp. 197-214). Singapore: Springer.

Goldenberg, C. & Gallmore, R. (1991). Changing Teaching Takes More Than a One-Shot Workshop. *Educational Leadership*, 49(3), 69-72.

Kretlow, A. G. & Bartholomew, C. C. (2010).Using Coaching to Improve the Fidelity of Evidence-Based Practices: A Review of Studies. *Teacher Education and Special Education*, 33(4), 279-299.

Ladachart, L. (2011). Thai Physics Teachers' Conceptions about Teaching. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(2), 174-202.

Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. California: Jossey-Bass Inc.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Methods*. California: Sage Publications.

Rudd, L. C., Lambert, M. C., Satterwhite, M., & Smith, C. H. (2009). Professional Development + Coaching = Enhanced Teaching: Increasing Usage of Math Mediated Language in Preschool Classrooms. *Early Childhood Education Journal*, 37(1), 63-69.