บทความวิจัย

การพัฒนาทักษะการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (กิจกรรมลูกโป่งน้ำแข็ง: Ice Balloon Activity) และการโค้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ กลุ่มที่ศึกษาได้แก่ นิสิตครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 32 คน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในภาคใต้ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ แบบบันทึกข้อคำถามทางวิทยาศาสตร์สำหรับนิสิตครูและแบบวิเคราะห์คำถามทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้วิจัยให้นิสิตครูเขียนคำถามวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 7 สาระ เป็นรายบุคคลในช่วงสุดท้ายหลังฝึกทักษะปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์เสร็จสิ้นแต่ละสาระ คำถามทั้งหมดถูกรวบรวมและวิเคราะห์เนื้อหาความเป็นไปได้ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดกลุ่มด้วยวิธีการแบบอุปนัยตามรูปแบบของคำถาม ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 6 ชั่วโมง รวม 54 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า นิสิตครูวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน (45.02% ของคำถามทั้งหมดเป็นคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จากเดิมมีเพียง 17.14% เท่านั้น) โดยคำถามส่วนใหญ่จัดเป็นคำถามเกี่ยวกับการสำรวจและคำถามเกี่ยวกับเหตุและผลตามลำดับ

คำสำคัญ: กิจกรรมลูกโป่งน้ำแข็ง การสืบเสาะหาความรู้ การโค้ชเพื่อการรู้คิด การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ นิสิตครูวิทยาศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี เมือง สุราษฎร์ธานี 84100

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: artitaya_sci@hotmail.com

Developing Questioning Skills of Science Student Teachers Using Ice Balloon Inquiry Activity and Cognitive Coaching in the Class of Learning Management Skills for a Subject-Specific Area

Artitaya Jituafua*

ABSTRACT

This research aimed to study the ability to formulating scientific questions of science student teachers before and after scientific inquiry activity (The Ice Balloon Activity) and cognitive coaching in learning management skills for a subject-specific area class. The researcher employed classroom action research by collecting both quantitative and qualitative data. The participants were 32 fourth year pre-service science teachers from a teacher preparation institution in Southern part of Thailand. The research instruments consisted of scientific questions recording form for science student teachers and scientific question analysis form. The pre-service science teachers were asked to individually write down their scientific questions that related to each of seven science strands in the final stages of class after microteaching and practicing science teaching skills. All questions were collected, analyzed and grouped through inductive process of scientific inquiry questions. Collecting data took fifty four hours over nine weeks (six hours per week). The results showed that the percentage of scientific investigable questions written by pre-service science teachers increased after scientific inquiry activity and cognitive coaching (17.14% in the before lessons and 45.02% in the after lesson). Moreover, most questions were survey questions and cause and effect questions.

Keywords: Ice Balloon Activity, Inquiry-Based Learning, Cognitive Coaching, Formulating Scientific Question, Science Student Teacher

General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabat University, Muang, Suratthani 84100, Thailand
*Corresponding author, email: artitaya_sci@hotmail.com

บทนำ

การตั้งคำถามเป็นกลยุทธ์สำคัญที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้โดยการตั้งคำถามและหาคำอธิบายต่างๆ ด้วยตนเอง [1] การตั้งคำถามจึงเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนด้วยวิธีสืบเสาะ มักถามคำถามที่มุ่งเน้นไปยังการตรวจสอบหาความจริง ความรู้เดิม และกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกทางความคิด เปลี่ยนจุดเน้นจากการสังเกตเป็นการสร้างคำอธิบายส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียน [2] สาระสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ การจัดสภาพแวดล้อมเพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้สอนทำหน้าที่ให้คำแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสำเร็จในการค้นพบแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ หนึ่งในวิธีการนั้นผู้สอนจะต้องเข้าไปให้ความช่วยเหลือผู้เรียนให้ได้รับประสบการณ์ตรงโดยใช้ความคิดของผู้เรียนเองผ่านการตั้งคำถาม [3] และเนื่องจากการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เริ่มจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ [4] ดังนั้นครูผู้สอนที่จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะควรเริ่มต้นจากการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ด้วย [5] และหากห้องเรียนมีการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ไม่ว่าจะเป็นคำถามที่เริ่มต้นจากครูหรือผู้เรียนก็ดี ย่อมช่วยให้เกิดทักษะการคิดและสร้างกระบวนการเรียนรู้ ก่อให้เกิดการอภิปรายโต้แย้งที่ผ่านกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์และช่วยสร้างเสริมนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเห็นพ้องต้องกันว่า คำถามของครูมีความสำคัญในการช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้และแนวคิดที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ คำถามแต่ละสาขาวิชาอาจมีความแตกต่างกัน คำถามทางวิทยาศาสตร์เป็นคำถามที่สามารถหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบาย การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีมักแฝงไว้ซึ่งสมมติฐานซึ่งนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ คำถามทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายลักษณะ ซึ่งแต่ละลักษณะจะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า การตั้งคำถามของครูมักไม่เกิดคำถามที่มีประสิทธิภาพ [6] ครูส่วนใหญ่ใช้หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อวางแผนการสอนและดำเนินกิจกรรม [7] และนำคำถามที่มีในแบบเรียนมาถามคำถามแก่ผู้เรียน จากการวิเคราะห์คำถามในแบบเรียนวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า คำถามส่วนใหญ่เป็นประเภทความรู้ ความจำ และความเข้าใจเป็นหลัก [8] งานวิจัยของ Ladachart และ Ladachart [9] ยังแสดงให้เห็นว่ามีคำถามเพียงร้อยละ 18.30 ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเท่านั้นที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ขณะที่คำถามส่วนใหญ่ร้อยละ 71.65 เป็นคำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง เนื่องจากส่วนใหญ่ยังไม่ใช่คำถามทางวิทยาศาสตร์ จากเหตุผลดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

คำถามของผู้สอนมีอิทธิพลต่อการขับเคลื่อนกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการสืบเสาะจนสามารถพบคำตอบ [5] ทั้งนี้ คุณค่าของการตั้งคำถามของผู้เรียนได้รับการระบุไว้ในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติซึ่งระบุไว้ว่า “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ผ่านคำถามที่สร้างขึ้นจากประสบการณ์ของผู้เรียนเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการสอนวิทยาศาสตร์” [10] นั่นหมายถึง การที่ผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการกำหนดคำถามหรือสร้างคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ได้นั่นเอง ซึ่งการที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังนี้ได้ ตัวผู้สอนจะต้องเข้าใจและสามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้ได้ดีก่อน นิสิตครูวิทยาศาสตร์ผู้ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ในอนาคต หากนิสิตครูวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเป็นผู้ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้ คงเป็นเรื่องยากที่จะจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างที่วิทยาศาสตร์เป็น และยากต่อการพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ดังนั้น

การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูจึงเป็นทักษะหลักที่สำคัญที่ไม่ได้เกิดโดยอัตโนมัติ หากแต่เป็นความสามารถที่ต้องได้รับการพัฒนาฝึกฝนในบริบทที่เอื้อต่อการตั้งคำถาม พร้อมๆ กับการได้รับการแนะนำ

กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความน่าสนใจในการนำมาพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครู เนื่องจากการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความสัมพันธ์กับการตั้งคำถาม โดยกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่ให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ออกแบบการทดลอง ใช้วัสดุและเครื่องมือในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูล ตอบคำถาม อธิบาย ทำนาย และสื่อความหมายผลงานของตนให้ผู้อื่นเข้าใจ [10] การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นรากฐานที่สำคัญของการตั้งคำถามและความอยากรู้อยากเห็น หากเป้าหมายของการศึกษาคือการช่วยให้ผู้เรียนกลายเป็นผู้เรียนรู้และนักคิด ดังนั้นการสืบเสาะหาความรู้ควรได้รับการสนับสนุนให้เกิดขึ้นในทุกๆ ห้องเรียน โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างคำถาม กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาทักษะการตั้งคำถามในชั้นเรียน [11] ผู้วิจัยจึงเลือกใช้กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครู ในระหว่างทางของการฝึกทักษะการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ นิสิตครูอาจเผชิญกับอุปสรรค การโค้ชเพื่อการรู้คิดของผู้สอนผ่านการแนะนำอภิปราย เพื่อกระตุ้นการรู้คิดอย่างต่อเนื่องระหว่างฝึกฝนทักษะการตั้งคำถามในชั้นเรียนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก การโค้ชเพื่อการรู้คิดเป็นบทบาทของผู้สอนยุคใหม่ที่พัฒนามาจากบทบาทการสอนและการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การให้ข้อมูลเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ การตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน การใช้พลังคำถาม การให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างสร้างสรรค์ และการให้ข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ต่อยอด [12] ทั้งนี้ จากการศึกษางานวิจัยของ Punturat และ Punturat ได้เลือกนำนวัตกรรมการโค้ชในการพัฒนาศักยภาพของนิสิตในการสร้างคำถามเพื่อวัดความสามารถทางปัญญาพบว่า นิสิตสามารถสร้างคำถามวัดความรู้และวัดความสามารถด้านปัญญาได้อย่างมืออาชีพด้วยวิธีการโค้ชจากอาจารย์ผู้สอน เนื่องจากนิสิตได้เรียนรู้ถึงกระบวนการและลักษณะคำถาม วิธีเขียนคำถาม วิจารณ์คำถาม ตลอดจนปรับปรุงคำถามผ่านกระบวนโค้ช [13] แต่จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ของไทยพบว่า มีผู้ศึกษาวิจัยน้อยมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งเป็นการทำวิจัยที่ผู้วิจัยศึกษาตนเองในฐานะอาจารย์ผู้สอนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียนของผู้วิจัยเอง และนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการจัดประสบการณ์สอนของตน เน้นการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกรอบแนวคิดของ Kemmis และคณะ [14] ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1) การวางแผน เป็นการวางแผนปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนเองรวมถึงติดตามผลการปรับปรุงการปฏิบัติ 2) การปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เป็นการปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนเอง 3) การสังเกต เป็นการเก็บข้อมูลจากผลการปรับปรุงการปฏิบัติ และ 4) การสะท้อนการปฏิบัติ เป็นการวิเคราะห์และอภิปรายข้อมูลเกี่ยวกับการปรับปรุงปฏิบัติงาน และนำสิ่งที่พบจากการสะท้อนมาปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ในลักษณะวงจรอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่าขณะจัดการเรียนการสอนเมื่อผู้วิจัยให้นิสิตครูวิทยาศาสตร์ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การทดสอบสมมติฐาน นิสิตครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่สามารถตั้งคำถามที่นำไปสู่การทดสอบสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ การวิจัยนี้จึงเป็นที่มาในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่ว่า “จะพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างไร ให้นิสิตครูสามารถตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และลดจำนวนคำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง”

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (กิจกรรมลูกโป่งน้ำแข็ง: Ice Balloon Activity) และการโค้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาประกอบด้วยนิสิตครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 32 คน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในภาคใต้ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขา ภาคปลาย ปีการศึกษา 2559 นิสิตครูเหล่านี้มีประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบการสอนที่หลากหลาย อาทิ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การใช้แบบจำลองเป็นฐาน การใช้ปัญหาเป็นฐาน โครงงานวิทยาศาสตร์ และสะเต็มศึกษา เป็นต้น ก่อนดำเนินการวิจัยครั้งนี้นิสิตครูวิทยาศาสตร์ทุกคนไม่เคยผ่านการอบรมหรือการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน ทั้งหมดมีสัมพันธภาพที่ดีกับผู้วิจัยและสมัครใจให้ข้อมูลแก่ผู้วิจัย ทั้งนี้เพราะเป็นนิสิตในความดูแลที่ผู้วิจัยเป็นที่ปรึกษาและผ่านการลงทะเบียนเรียนกับผู้วิจัยมาก่อนตั้งแต่ชั้นปีที่ 2-3 ในรายงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงกลุ่มที่ศึกษาแต่ละคนโดยใช้สัญลักษณ์ M (ชาย) และ F (หญิง) แล้วตามด้วยหมายเลข 1-32 เช่น M1, M2, F3,...F32 ทั้งนี้ เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

การออกแบบการวิจัย

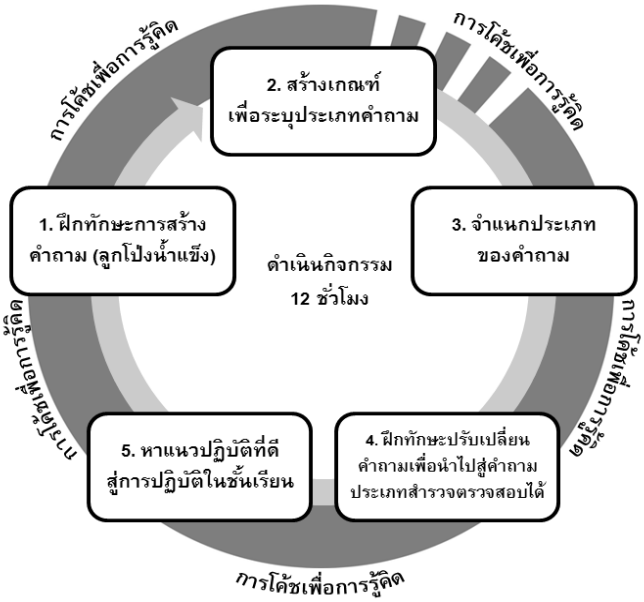
การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในรายวิชา “ทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา” ภาคปลาย ปีการศึกษา 2559 เป้าหมายของรายวิชานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยนิสิตครูวิทยาศาสตร์ให้เข้าใจเทคนิคและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ และวิธีการที่นิสิตครูจะนำการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้สอนนักเรียน โดยอาศัยการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เริ่มทำการวิจัยเมื่อนิสิตครูวิทยาศาสตร์เรียนในหัวข้อ “เทคนิคการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์” และ “การฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ตามสาระการเรียนรู้” รวม 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 6 ชั่วโมง กระบวนการในการวิจัยสามารถดำเนินการได้ 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1: เป็นการศึกษาสภาพการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2 สัปดาห์) ดำเนินการในสัปดาห์ของการฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคตามสาระการเรียนรู้ที่ 1-2 (Microteaching) การตั้งคำถามของนิสิต

ครูในระยะนี้จึงเป็นไปตามประสบการณ์เดิม เนื่องจากนิสิตครูเหล่านี้ยังไม่เคยผ่านการอบรมหรือการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน

ระยะที่ 2: เป็นการส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้กับนิสิตครูวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (2 สัปดาห์) โดยใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่น่าตื่นเต้นเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อกระตุ้นการตั้งคำถามและหาคำตอบจากกิจกรรม “ลูกโป่งน้ำแข็ง” ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดัดแปลงกิจกรรมจากสถาบันการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Institute for Inquiry) [15] โดยรูปแบบกิจกรรมเน้นการลงมือปฏิบัติ (Hands-on Activity) เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการฝึกทักษะการตั้งคำถาม โดยนิสิตจะได้ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มโดยใช้ลูกโป่งน้ำแข็งและอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เพื่อช่วยเสริมการสังเกตและนำไปสู่การตั้งคำถามด้วยตนเอง และเมื่อนิสิตได้ตั้งคำถามจากการสังเกตเสร็จสิ้น นิสิตจะเป็นผู้จัดเรียง เลือก และตรวจสอบคำถามที่สร้างขึ้นและพัฒนาเกณฑ์เพื่อระบุประเภทคำถามที่สามารถนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ระบุลักษณะและจำแนกประเภทของคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และคำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง นิสิตครูจะต้องเรียนรู้เทคนิคการปรับเปลี่ยนคำถามประเภทที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นคำถามประเภทที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงแลกเปลี่ยนเรียนรู้การนำเทคนิคการตั้งคำถามไปใช้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของตน

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรมดังกล่าวนี้ร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิด ซึ่งผู้วิจัยใช้การโค้ชให้นิสิตครูวิทยาศาสตร์เกิดการเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพขณะนิสิตครูวิทยาศาสตร์ดำเนินการตั้งคำถาม จุดเน้นของการโค้ชเพื่อการรู้คิดในการวิจัยนี้ อยู่ที่การกระตุ้นให้นิสิตครูใช้กระบวนการคิดขั้นสูงด้วยตนเองโดยการตั้งคำถามชี้แนะการรู้คิด การใช้พลังคำถาม การให้ข้อมูลกระตุ้นการเรียนรู้ การให้ข้อมูลย้อนกลับ การให้ข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ต่อยอดตามแนวคิดของ Wongyai และ Patphol [12] การดำเนินกิจกรรมเริ่มจากผู้วิจัยใช้กิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิดก่อนฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคตามสาระการเรียนรู้ที่ 3 ในกิจกรรมนี้นิสิตครูจะได้ฝึกตั้งคำถามจากการสังเกตลูกโป่งน้ำแข็งโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยกระตุ้นการสังเกต ตั้งคำถาม และบันทึกคำถามที่ได้จากการสังเกตให้ได้มากที่สุด จากนั้นเป็นการฝึกระบุลักษณะและจำแนกประเภทของคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ฝึกทักษะการแสกนตัวแปร สำหรับการโค้ชเพื่อการรู้คิดนิสิตครูจะได้รับการแนะนำส่งเสริมจากผู้วิจัยในการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน ผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ผู้สอนจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนนั่งร้าน (Scaffold) ที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ หรืออำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ โดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นที่นิสิตครูยังไม่เข้าใจในการกำหนดปัญหาและตั้งคำถาม และหากคำถามเริ่มต้นที่สร้างขึ้นไม่สามารถนำไปสู่กระบวนการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์หรือหาคำตอบได้ ผู้วิจัยจะเข้าไปแนะนำส่งเสริมผ่านการตั้งคำถามและการอภิปรายของผู้วิจัยเพื่อช่วยนิสิตครูวิทยาศาสตร์ปรับเปลี่ยนคำถามประเภทที่ไม่สามารถสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรงให้พัฒนาเป็นคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการโค้ชเพื่อการรู้คิดสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1 [15]



รูปที่ 1 กระบวนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการโค้ชเพื่อการรู้คิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ (ดัดแปลงจาก [15])

ระยะที่ 3: ศึกษาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ **(5 สัปดาห์)** ในระหว่างสัปดาห์ฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคตามสาระการเรียนรู้ที่ 3-7 การตั้งคำถามในระยะนี้เป็นไปตามประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติในระยะที่ 2 ผนวกการโค้ชเพื่อการรู้คิดอย่างต่อเนื่องขณะฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกข้อคำถามทางวิทยาศาสตร์สำหรับนิสิตครู เป็นแบบบันทึกปลายเปิดที่นิสิตสามารถเขียนข้อคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสงสัยเป็นรายบุคคล จำนวน 4 ข้อ ต่อเนื้อหา 1 เรื่อง โดยนิสิตครูสามารถเขียนคำถามในช่วงสุดท้ายหลังจากที่ตัวแทนห้องแต่ละคนฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ตามสาระการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน

2. แบบวิเคราะห์คำถามทางวิทยาศาสตร์ เป็นเกณฑ์ของคำถามแต่ละลักษณะตามรูปแบบของคำถามเพื่อให้ผู้ตรวจซึ่งมีความรู้และประสบการณ์ในการสอนและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 คน แยกตรวจข้อมูลชุดเดียวกันอย่างอิสระเพื่อหาข้อสรุปในการจัดกลุ่มคำตอบให้เกิดความเที่ยง ผู้วิจัยทำการแปลเกณฑ์ของคำถามจากกรอบแนวคิดซึ่งเสนอโดย Chin และ Kayalvizhi [16] ร่วมกับคัดเลือกเกณฑ์คำถามจากกรอบแนวคิดของ Ladachart และ Ladachart [9]

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 2 ชนิดได้ผ่านการพิจารณาและตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และภาษาจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความรู้และประสบการณ์สอนและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 3 ท่าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ ในระยะที่ 1: ศึกษาสภาพการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการในสัปดาห์ของการฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคตามสาระการเรียนรู้ที่ 1-2 (2 สัปดาห์) และระยะที่ 3: ศึกษาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการในระหว่างสัปดาห์ของการฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคตามสาระการเรียนรู้สาระที่ 3-7 (5 สัปดาห์) ระหว่างการเก็บข้อมูลผู้วิจัยแจ้งให้นิสิตทราบว่าการตั้งคำถามนี้ไม่เกี่ยวข้องกับคะแนนในรายวิชา ผู้วิจัยเพียงต้องการทราบว่านิสิตครูแต่ละคนมีความสามารถในการสร้างคำถามทางวิทยาศาสตร์อย่างไรเท่านั้น

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยให้นิสิตครูวิทยาศาสตร์ทุกคนเขียนคำถามที่ตนเองสงสัยหรืออยากทราบลงในแบบบันทึกข้อคำถามทางวิทยาศาสตร์สำหรับนิสิตครูในช่วงสุดท้ายหลังจากที่ตัวแทนห้องออกฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้หน้าชั้นเรียน โดยให้เวลาเขียนคำถามด้วยตนเองเป็นเวลา 5 นาที จำนวน 4 ข้อ ต่อเนื้อหา 1 เรื่อง ทั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลวิจัยเป็นระยะเวลานาน (Prolonged Engagement) ทำให้ตรวจสอบได้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นิสิตครูตั้งขึ้นมีความผิดพลาดบิดเบือนมากน้อยเพียงใด

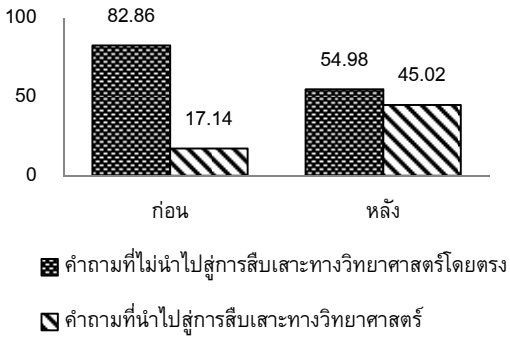
การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากคำถามที่นิสิตครูวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นก่อนและหลังผ่านการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการโค้ชเพื่อการรู้คิด โดยพิจารณาข้อมูลจากการอ่านคำถามของทุกคนทีละข้ออย่างละเอียด พร้อมทั้งทำการให้รหัส (Coding) จากนั้นจึงจัดกลุ่มของคำถามตามกรอบแนวคิดซึ่งเสนอโดย Chin และ Kayalvizhi [16] ร่วมกับกรอบแนวคิดของ Ladachart และ Ladachart [9] โดยจำแนกประเภทการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ คำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง (Non-Scientific Investigable Question) ประกอบด้วย 1) คำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง 2) คำถามเกี่ยวกับการอธิบาย 3) คำถามเกี่ยวกับจินตนาการ 4) คำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ 5) คำถามเกี่ยวกับปรัชญา และ 6) คำถามที่คลุมเครือ และคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Investigable Question) ประกอบด้วย 1) คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ 2) คำถามเกี่ยวกับเหตุและผล 3) คำถามเกี่ยวกับการทำนาย 4) คำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้าง 5) คำถามเกี่ยวกับการสำรวจ และ 6) คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความรู้และประสบการณ์สอนและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 คน แยกตรวจข้อมูลชุดเดียวกันอย่างอิสระแล้วพิจารณาความสอดคล้องของการตีความ อภิปรายและหาข้อสรุปในการจัดกลุ่มคำตอบ หากมีความคิดเห็นไม่ตรงกันจะประชุมอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของการจัดกลุ่มคำตอบ จากนั้นหาค่าร้อยละของคำถามแต่ละประเภท

ผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา แสดงดังรูปที่ 2



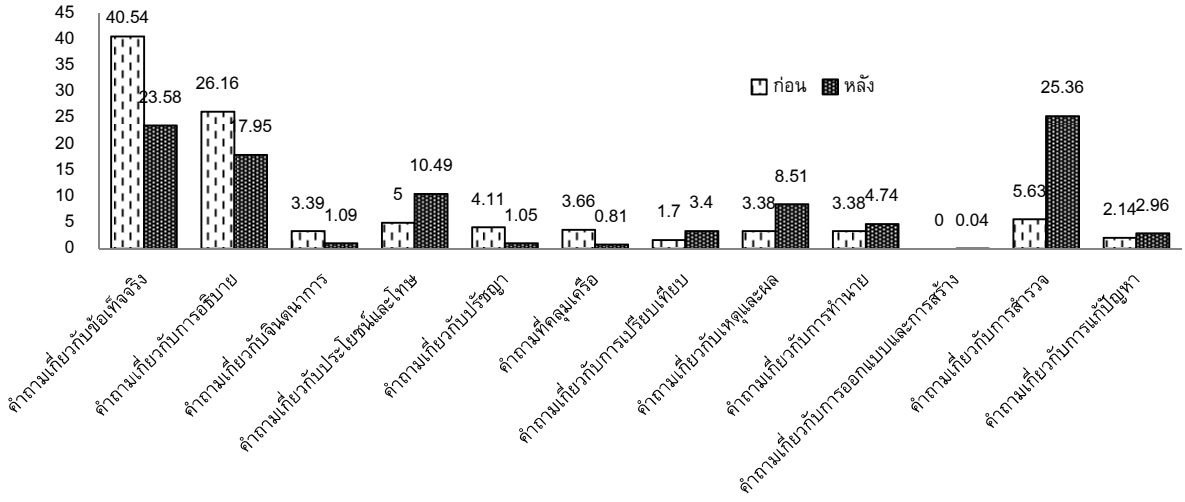
รูปที่ 2 ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามประเภทของคำถามก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิด

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะการจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา ผู้วิจัยวิเคราะห์คำถามของนิสิตครูชั้นปีที่ 4 จำนวน 32 คน ที่ได้จากการฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคโดยใช้วิธีสอนตามรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 1-2 ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง การปรับตัวถาวรของพืช แสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช การผสมเทียมสัตว์ วิธีตรวจสอบสารอาหาร (สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต) ห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น ประชากร ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต (สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม) ผลการวิจัยปรากฏว่า นิสิตครูเหล่านี้ตั้งคำถามได้ทั้งหมด 1,120 ข้อ อย่างไรก็ตาม มีคำถามเพียง 192 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 17.14 เท่านั้น เป็นคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (รูปที่ 2) คำถามดังกล่าวเป็นคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ผ่านการออกแบบและทำกิจกรรมหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเรียกคำถามลักษณะนี้ว่า คำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ขนาดลำต้นของพืชมีผลต่อการลำเลียงน้ำและอาหารของพืชหรือไม่ (F20) สายใยอาหารของระบบนิเวศบริเวณสนามหญ้าในมหาวิทยาลัยเป็นอย่างไร (F21) คำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะยินยอมให้ผู้เรียนสร้างและรวบรวมข้อมูลต้นฉบับ (Original Data) วิเคราะห์และแปลผลการค้นพบโดยพิจารณาจากข้อมูลเหล่านี้ และสุดท้ายสร้างข้อสรุปของคำถามที่สงสัยโดยอาศัยหลักฐานจากการปฏิบัติ ทั้งนี้คำตอบอาจเป็นเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับธรรมชาติคำถามและการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

คำถามส่วนใหญ่ที่นิสิตครูสร้างขึ้นก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิดเป็นคำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง มีจำนวน 928 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 82.86 (รูปที่ 2) ซึ่งคำถามลักษณะดังกล่าวสามารถหาคำตอบโดยการถามผู้เชี่ยวชาญ จากหนังสือหรือแหล่งข้อมูลทุติยภูมิอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ทรานซิสเตอร์มีประโยชน์อย่างไร (F27) เทคโนโลยีอวกาศมีประโยชน์ต่อมนุษย์อย่างไร (F31) คำถามส่วนใหญ่ที่พบในกลุ่มนี้เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงที่อาศัยพื้นฐานความรู้ทั่วไปในการตอบ

เมื่อนิสิตครูเหล่านี้ผ่านการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่น่าตื่นเต้นเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อกระตุ้นการตั้งคำถามและหาคำตอบจากกิจกรรมสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิดเพื่อลดจำนวนคำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง ผู้วิจัยวิเคราะห์คำถามของนิสิตครู (กลุ่มเดิม) อย่างต่อเนื่อง หลังการฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบจุลภาคที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 3-7 ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง วัสดุที่ใช้ทำของเล่นของใช้ สถานะของสาร การแยกสาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย (สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร) ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การรวมแรง แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา ปริมาณทางกายภาพ โมเมนต์ของแรง (สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่) หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ แสงและการมองเห็น ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า ไฟฟ้าพลังงานน้ำ (เขื่อน) มลพิษทางอากาศ (สาระที่ 5 พลังงาน) ชนิดและสมบัติของดินที่ใช้ปลูกพืชในท้องถิ่น การเคลื่อนที่ของอากาศ ความชื้นในอากาศ การกร่อน (สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก) น้ำขึ้น-น้ำลง การเกิดทิศ ประโยชน์ของดวงอาทิตย์ เทคโนโลยีอวกาศ (สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ) ผลวิจัยปรากฏว่านิสิตครูเหล่านี้ตั้งคำถามได้ทั้งหมด 2,468 ข้อ โดยพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยมีคำถามร้อยละ 45.02 เป็นคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จากเดิมร้อยละ 17.14 และร้อยละ 54.98 เป็นคำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง (รูปที่ 2)

เมื่อผู้วิจัย พิจารณาคำถามรายข้อในแต่ละกลุ่ม ได้แก่ 1) คำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง และ 2) คำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ รายละเอียดของคำถามแต่ละกลุ่มแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามประเภทของคำถาม

1. คำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง

1.1 คำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้สูงสุด 40.54% ซึ่งเป็นคำถามเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล เน้นความรู้ความจำ ซึ่งคำถามอาจเป็นข้อเท็จจริงโดดๆ หรือข้อเท็จจริงหลายอย่างที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ นิยาม กฎ ลำดับขั้น การจัดประเภท หน่วยของปริมาณทางวิทยาศาสตร์ อักษรย่อทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือ และชื่อนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น มักมีคำตอบที่แน่นอน สามารถสืบค้นได้จากหนังสือ ตำรา หรืออินเตอร์เน็ต คำตอบอาจได้มาจากความรู้ที่เรียนผ่านมาแล้ว หรือจากประสบการณ์ของผู้ตอบ ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น การปรับตัวอย่างถาวรและชั่วคราวของพืชคืออะไร (F4) การเก็บน้ำเชื้อไว้ในไนโตรเจนเหลวจะต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิเท่าใด (F16) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ลดลงเหลือ 23.58% ตัวอย่างเช่น โมเมนต์ของแรงหมายถึงอะไร (F13) เครื่องมือชนิดใดที่ใช้วัดค่ามลพิษทางอากาศ (F9) เป็นต้น คำตอบของคำถามประเภทนี้สามารถสืบค้นได้จากหนังสือ ไม่จำเป็นต้องอาศัยการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์หรือทดลองก็ได้คำตอบ

1.2 คำถามเกี่ยวกับการอธิบาย

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้สูงรองลงมาจากคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คิดเป็น 26.16% คำถามเกี่ยวกับการอธิบายยากกว่าคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงแต่ยังคงอาศัยความจำเป็นสำคัญในการตอบ โดยต้องการให้ผู้ตอบใช้เหตุผลประกอบกับข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากการสังเกตในสถานการณ์ปัจจุบันและจากความรู้เดิม ผู้ตอบจะต้องอาศัยความสามารถในการให้เหตุผลหรือความสามารถในการมองความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ประกอบกัน ซึ่งคำถามมักจะประกอบด้วยคำว่า “อย่างไร” “ทำไม” หรือ “เพราะเหตุใด” ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น เพราะเหตุใดท่อลำเลียงน้ำ (ไซเลม) จึงจัดเป็นท่อที่ไม่มีชีวิต แต่สามารถลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้ (F4) ในการทดสอบสารอาหาร (น้ำตาล) เพราะเหตุใดต้องนำสารละลายเบเนดิกส์ไปต้มในน้ำเดือด (F13) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ลดลงเหลือ 17.95% ตัวอย่างเช่น ทำไมเมื่อใช้ท่อพีวีซีที่มีความยาวต่างกันทำให้การหมุนของกังหันแตกต่างกัน (F31) เพราะเหตุใดดวงจันทร์จึงมีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง (F16)

คำถามลักษณะนี้โดยตัวมันเองไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพราะไม่ได้ระบุตัวแปรของการศึกษาอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามคำถามเหล่านี้มักนำไปสู่การตั้งสมมติฐานเชิงอธิบาย ซึ่งจะเป็นพื้นฐานของการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบความมีเหตุผลของสมมติฐานนั้นอีกทอดหนึ่ง [9]

1.3 คำถามเกี่ยวกับจินตนาการ

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพียง 3.39% ซึ่งเป็นคำถามที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ผู้ถามได้สร้างเงื่อนไขบางอย่างสำหรับการจินตนาการว่าจะเกิดอะไรขึ้น ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น มีความเป็นไปได้หรือไม่ที่ทิศทางการลำเลียงน้ำของไซเลมเกิดขึ้นได้ 2 ทิศทาง (F15) ถ้ามีเฉพาะกลางคืน พืชจะสังเคราะห์แสงได้หรือไม่ (F1) ถ้าในโลกนี้ไม่มีความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตจะเป็นอย่างไร (F4) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ลดลงเหลือ 1.09% ตัวอย่างเช่น จะเกิดอะไรขึ้นหากเกิดแรงกิริยาแต่ไม่มีแรงปฏิกิริยา (F11) ถ้าไม่มีดวงอาทิตย์จะเกิดอะไรขึ้น (F5) ดวงอาทิตย์สามารถขึ้นทางทิศตะวันตกได้หรือไม่ (F2) คำถามลักษณะนี้ต้องใช้จินตนาการผนวกความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน เนื่องจากการวางเงื่อนไขที่ไม่สามารถเกิดได้จริง ดังนั้นคำถามเกี่ยวกับการจินตนาการจึงไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

1.4 คำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 5.00% เป็นการถามหาประโยชน์และโทษของเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ รวมถึงการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น ข้อดีและข้อเสียของการผสมเทียมเป็นอย่างไร (F9) การอพยพของประชากรในแต่ละพื้นที่ส่งผลดีหรือเสียอย่างไรบ้าง (F11) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีจำนวน 10.49% ตัวอย่างเช่น ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้ามีประโยชน์อย่างไร (F4) ความชื้นในอากาศมีประโยชน์หรือโทษอย่างไร (F2) เราสามารถนำความรู้เรื่องทิศไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง (F19) ซึ่งการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามประเภทนี้ได้ เนื่องจากเป็นการให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ

1.5 คำถามเกี่ยวกับปรัชญา

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 4.11% ซึ่งเป็นการถามหาสาเหตุของการมีอยู่ของปรากฏการณ์ ไม่ได้ถามหาคำอธิบายปรากฏการณ์ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร [9] อย่างเช่นคำถามเกี่ยวกับการอธิบาย คำถามประเภทนี้มักขึ้นต้นว่า “ทำไม” ดังตัวอย่างของคำถาม เช่น ทำไมพืชต้องมีท่อลำเลียงอาหาร (F23) ทำไมแสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช (F32) เป็นต้น หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ลดลงเหลือ 1.05% ตัวอย่างเช่น ทำไมวัตถุหนึ่งชนิดต้องประกอบไปด้วยวัสดุหลายชนิด (F5) เมื่อมีแรงกิริยาเกิดขึ้นทำไมต้องมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นด้วย (F26) ทำไมจึงกำหนดให้เป็นทิศ (F14)

1.6 คำถามที่คลุมเครือ

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 3.66% เป็นคำถามที่มาจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน หรือผู้วิจัยไม่สามารถตีความคำถามได้ ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้เช่น พืชและมนุษย์มีการลำเลียงอาหารและน้ำแตกต่างกันหรือหรือไม่อย่างไร (F3) ถ้านำพืชมาทดลองตอนกลางคืนจะมีคลอโรฟิลล์หรือไม่ และคลอโรฟิลล์จะมีมากหรือน้อยกว่าในตอนกลางวัน (F12) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ลดลงเหลือ 0.81% ตัวอย่างเช่น เมื่อปริมาตรเปลี่ยนสิ่งที่เปลี่ยนไปของก๊าซและของเหลวคืออะไร (M18) สามารถพบเจอเหตุการณ์อะไรบ้างที่มีผลมาจากมลพิษในอากาศ (F6) ดวงอาทิตย์หายไปไหนในเวลากลางคืน (F12)

2. คำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

2.1 คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 1.70% คำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ เป็นคำถามเพื่อเปรียบเทียบสิ่งที่จะเกิดขึ้นภายใต้สองเงื่อนไข โดยคำถามมักระบุเงื่อนไขของการเปรียบเทียบไว้อย่างชัดเจน หรือถามให้ผู้เรียนบอกความแตกต่าง ความคล้ายคลึง ความสัมพันธ์ และความขัดแย้งกันของความคิดหรือสิ่งต่าง ๆ ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น ปริมาณน้ำที่พืชลำเลียงกับปริมาณน้ำที่คายออกมามีปริมาณเท่ากันหรือไม่ (F5) พืชสีเขียวและพืชสีแดงสามารถสังเคราะห์แสงได้ทั้งคู่หรือไม่ (F31) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีจำนวน 3.40% ตัวอย่างเช่น สารในสถานะใดมีความแข็งแรงมากที่สุด (F6) กังหันแบบใดผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่ากัน (F16) ดินชนิดใดที่สามารถนำมาปั้นหรือขึ้นรูปได้ดีที่สุด (F1) คำถามลักษณะนี้มักนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาหลักฐานมาสนับสนุนการเปรียบเทียบ

2.2 คำถามเกี่ยวกับเหตุและผล

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 3.38% เป็นคำถามที่ให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ บุคคล วัตถุ ความคิด ว่าอะไรเป็นเหตุผลกัน นำไปสู่การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างตัวแปร และการลงความเห็นเกี่ยวกับตัวแปรหนึ่งๆ ที่ส่งผลกับ ตัวแปรอื่น การตอบคำถามประเภทนี้ต้องออกแบบการทดลองโดยการจัดกระทำกับตัวแปรหนึ่งก่อนเพื่อสังเกตผลกระทบต่ออีกตัวแปรหนึ่ง ในการตอบคำถามดังกล่าวมักอาศัยการทดลอง หรือการควบคุมตัวแปร ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น ขนาดลำต้นของพืชมีผลต่อการลำเลียงน้ำและอาหารของพืชหรือไม่ (F20) ในการผสมเทียมปลา อุณหภูมิของน้ำในบ่อพักส่งผลต่ออัตราการรอดของไข่ปลาหรือไม่ (F12) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีจำนวน 8.51% ตัวอย่างเช่น แรงเสียดทานมีผลต่อความเร็วหรือไม่ อย่างไร (F12) ขนาดและจำนวนใบพัดของกังหันมีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือไม่ (F9) คำถามลักษณะนี้มักนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาหลักฐานมาสนับสนุน

2.3 คำถามเกี่ยวกับการทำนาย

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 3.38% เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบคาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบางสิ่งบางอย่าง หรือคาดการณ์เพื่อขยายข้อสรุปในขั้นอธิบายให้กว้างขวางออกไป ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น ถ้าพืชไม่มีส่วนที่เป็นสีเขียวสามารถสังเคราะห์แสงได้หรือไม่ (F32) ถ้าปลวกตายลง โปรโตซัวที่อยู่ในลำไส้ปลวกจะดำรงชีวิตได้หรือไม่ อย่างไร (F22) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีจำนวน 4.74% ตัวอย่างเช่น เมื่อนำผงฟูใส่ลงในน้ำส้มสายชู จะเกิดสารใหม่ขึ้นหรือไม่ (F31) วัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าทุกชนิด หากนำไปชุบน้ำสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่ (F20) คำถามลักษณะนี้มักนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบหรือการทดลองเพื่อหาหลักฐานมาสนับสนุนหรือล้มล้างคำทำนายหรือข้อสันนิษฐาน

2.4 คำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้าง

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด ไม่มีนิสิตครูคนใดใช้คำถามประเภทนี้ หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีจำนวน 0.04% คำถามประเภทนี้เป็นคำถามที่อาศัยเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองความต้องการมนุษย์ นำไปสู่การสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด ต้องใช้แบบจำลองทางวิศวกรรมของการทดลอง โดยเป้าหมายของคำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างคือ การจัดกระทำกับตัวแปรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการมากกว่าการตรวจสอบปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จุดเน้นอยู่ที่ตัวแปรของความสำเร็จ และเกณฑ์ในการพิจารณาความสำเร็จคือ สิ่งประดิษฐ์นั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานตามที่ต้องการได้หรือไม่ [16] ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น จะสร้างเครื่องมือวัดมลพิษของอากาศแต่ละบริเวณได้เองอย่างไร (F7)

2.5 คำถามเกี่ยวกับการสำรวจ

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 5.63% คำถามประเภทนี้เกี่ยวข้องกับการสำรวจในเบื้องต้นซึ่งมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล อย่างไรก็ตามคำถามประเภทนี้จะแตกต่างไปจากคำถามเกี่ยวกับเหตุและผล ซึ่งระบุตัวแปรเฉพาะที่น่าสนใจ ทั้งนี้คำถามเกี่ยวกับการสำรวจจะไม่เน้นที่การระบุตัวแปรเท่าใดนัก แต่จะมุ่งเน้นเกี่ยวกับวิธีการและกระบวนการของการทดลอง ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น ลักษณะการเรียงตัวของวาสคิวลาร์บันเดิลในต้นผักกาดขาวมีลักษณะการเรียงตัวอย่างไร (F2) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำใกล้บ้านนักเรียนพบความสัมพันธ์รูปแบบใดบ้าง (F19) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีจำนวน 25.36% ตัวอย่างเช่น มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้การหมุนของกังหันหมุนเร็วขึ้น (F10) อากาศเคลื่อนที่ได้อย่างไร และมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร (F1) คำถามลักษณะนี้มักนำไปสู่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ สามารถหาคำตอบได้โดยการสังเกตหรือใช้เครื่องมือช่วยขยายประสาทสัมผัสของการสังเกต

2.6 คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้ 2.14% ซึ่งเป็นการถามถึงการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับสถานการณ์ที่เรียน หรือต้องประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องที่เรียน หรือเรื่องใหม่ หรือการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน คำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหานี้จะเป็นกระบวนการหาวิธีที่เป็นไปได้ในการดำเนินการ โดยกำหนดให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการ รวมถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหา ซึ่งจะแตกต่างจากคำถามเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาโดยอาศัยเทคโนโลยีและการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ตัวอย่างของคำถามประเภทนี้ เช่น หลังจากการผสมเทียม เมื่อครบกำหนดแล้วตรวจพบว่าแม่โคไม่ตั้งท้อง จะทำอย่างไรต่อไป (F1) หากทรัพยากรที่ใช้แล้วเสื่อมคุณภาพ เรามีวิธีการแก้ไขอย่างไร (F15) หลังการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้เพิ่มขึ้น มีเพียงจำนวน 2.96% ตัวอย่างเช่น เราสามารถใช้ความรู้เรื่องโมเมนต์ของแรงแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างไร (F3) เราสามารถทราบได้อย่างไรว่า ขณะนี้เราอยู่ทิศไหน (F30)

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อนิสิตครูถูกวางเงื่อนไขให้ตั้งคำถามด้วยตนเอง นิสิตครูเหล่านี้สามารถตั้งคำถามได้หลากหลาย อย่างไรก็ตามมีนิสิตครูหลายรายต้องเผชิญกับปัญหาระหว่างตั้งคำถาม ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งและการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูเพียงส่วนน้อยเท่านั้น (17.14%) สามารถตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คำถามส่วนใหญ่เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงตามบริบทของเนื้อหา ซึ่งนิสิตครูมีการใช้คำถามประเภทนี้สูงสุด (40.54%) และรองลงมาคือคำถามเกี่ยวกับการอธิบาย (26.16%) ที่ยังคงอาศัยความจำเป็นสำคัญ โดยต้องการให้ผู้ตอบใช้เหตุผลประกอบกับข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากการสังเกตในสถานการณ์ปัจจุบันและจากความรู้เดิม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chin และ Kayalvizhi [16] ที่ศึกษาลักษณะคำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 39 คน โดยการให้นักเรียนแต่ละคนเขียนข้อคำถามที่ตนเองสนใจ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 2 เดือน โดยคำถามเหล่านั้น ไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับบทเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า มีคำถามเพียงส่วนน้อย (11.7% จากคำถามทั้งหมด 60 คำถาม) ที่จะนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ คำถามส่วนใหญ่ที่ตั้งขึ้นอาศัยความรู้ทั่วไปในการตอบและไม่สามารถนำไปสู่การสำรวจได้ทางวิทยาศาสตร์ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในชั้นเรียนระดับประถมศึกษา ขณะที่งานวิจัยเกี่ยวกับการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของประเทศไทยที่ศึกษาโดย Ladachart และ Ladachart [9] ก็สะท้อนผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้มีคำถามที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเพียง 18.30% เท่านั้น ที่นำไปสู่การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่คำถามส่วนใหญ่ 71.65% ไม่นำไปสู่การศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยตรง คำถามในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นคำถามเกี่ยวกับการอธิบาย (27.58%) รองลงมาคือคำถามเกี่ยวกับจินตนาการ (13.66%) และคำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ (13.66%) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผู้เรียนยังตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ดีเท่าที่ควรและมีคำถามส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ ขาดความชัดเจนเพียงพอในการนำไปใช้ออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นเช่นนี้เพราะนิสิตครูเหล่านี้ยังไม่เคยผ่านการฝึกตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์มาก่อน จึงไม่ทราบว่าคำถามทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไร คำถามเหล่านี้จึงตั้งขึ้นมาจากความสงสัยหรือมาจากประสบการณ์เดิมของนิสิต [17]

อย่างไรก็ตามเมื่อนิสิตครูเหล่านี้ผ่านการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่น่าตื่นเต้นเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อกระตุ้นการตั้งคำถามและหาคำตอบจากกิจกรรมลูกโป่งน้ำแข็งร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิดเพื่อลดจำนวนคำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง โดยผู้วิจัยยังคงให้นิสิตครูเขียนคำถามหลังจากที่นิสิตครูตัวแทนห้องแต่ละคนออกมาฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นพื้นฐานตามสาระการเรียนรู้หน้าชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยพบว่า นิสิตครูเหล่านี้มีพัฒนาการด้านความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น มีจำนวน 45.02% ของคำถามทั้งหมด (1,111 คำถาม จาก 2,468 คำถาม) จากเดิมมีเพียง 17.14% เท่านั้น (192 คำถาม จาก 1,120 คำถาม) คำถามส่วนใหญ่จัดเป็นคำถามเกี่ยวกับการสำรวจและคำถามเกี่ยวกับเหตุและผลตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการโค้ชเพื่อการรู้คิดสามารถส่งเสริมให้นิสิตครูพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนิสิตครูเหล่านี้ผ่านการเรียนรู้ลักษณะธรรมชาติของคำถามทางวิทยาศาสตร์ว่ามีลักษณะแตกต่างจากคำถามประเภทอื่นอย่างไร ผู้วิจัยมีการแสดงตัวอย่างของคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีการโค้ชเพื่อการรู้คิดและอภิปรายเกี่ยวกับการตั้งคำถามร่วมกับนิสิตครูในคำถามแต่ละประเภทเพื่อฝึกออกแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบของคำถาม อีกทั้งนิสิตครูผ่านการเรียนรู้เทคนิคการปรับเปลี่ยนคำถามที่ยังไม่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้ระบุว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ หากได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม [18-19] นอกจากนี้ กระบวนการปฏิบัติกิจกรรม “ลูกโป่งน้ำแข็ง” เพื่อพัฒนาความสามารถในการตั้ง

คำถามทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้อาศัยการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อกระตุ้นการตั้งคำถามและหาคำตอบ และตลอดระยะเวลาระหว่างเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยให้นิสิตครูเขียนคำถามหลังจากที่นิสิตครูตัวแทนห้องแต่ละคนออกมาฝึกปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นพื้นฐานตามสาระการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่ง ที่ทำให้นิสิตครูเหล่านี้มีความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Hofstein และคณะ [20] ที่พบว่าผู้เรียนที่ผ่านและไม่ผ่านการเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะมีความสามารถในการตั้งคำถามแตกต่างกัน โดยผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะมีความสามารถในการตั้งคำถามได้มากกว่า มีคุณภาพของการตั้งคำถามระดับสูง และมีจำนวนมากกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสรุปว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามได้จากการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามของผู้เรียนได้นั่นเอง

แม้ว่าคำถามส่วนใหญ่ 54.98% (1,357 คำถาม)ยังคงเป็นคำถามที่ไม่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่คำถามเหล่านี้ก็ลดจำนวนลงหลังผ่านการปฏิบัติกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการโค้ชเพื่อการรู้คิด ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำถามเกี่ยวกับการอธิบาย คำถามเกี่ยวกับจินตนาการ คำถามเกี่ยวกับปรัชญา และคำถามที่คลุมเครือ และคำถามเหล่านี้ก็มีศักยภาพเพียงพอที่จะพัฒนาเป็นคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หากได้รับคำแนะนำที่ดีจากผู้สอน ตัวอย่างเช่น คำถามเกี่ยวกับการอธิบายที่ว่า “เพราะเหตุใดวัตถุต่างชนิดกันจึงมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน” (F7) หากคำถามนี้ได้รับการปรับเปลี่ยนก็จะสามารถพัฒนาเป็นคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ประเภทคำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบได้) เช่น “วัสดุชนิดใด (ไส้ดินสอกับเหล็ก) สามารถนำไฟฟ้าได้ดีกว่ากัน” หากคำถามเกี่ยวกับจินตนาการที่ว่า “ถ้าไม่มีดวงอาทิตย์จะเกิดอะไรขึ้น” (F5) คำถามนี้ถ้าได้รับการปรับเปลี่ยน ก็สามารถพัฒนาเป็นคำถามเกี่ยวกับการทำนายได้ ดังเช่น “จะเกิดอะไรขึ้น หากพืชได้รับแสงจากหลอดไฟ LED แทนแสงจากดวงอาทิตย์” เป็นต้น สาเหตุที่นิสิตครูไม่สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนิสิตครูมักให้ความสนใจกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นมากกว่ากระบวนการหรือวิธีการที่นำไปสู่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ [16] หรืออาจเกิดจากอุปสรรคส่วนบุคคลด้านจิตใจและสังคมที่อาจทำให้นิสิตครูไม่สามารถถามคำถามในห้องเรียนได้ ชนิดของคำถามที่นิสิตครูสร้างขึ้นอาจมีอิทธิพลจากอายุ ประสบการณ์ ความรู้และทักษะเดิม หรือแม้กระทั่งเจตคติของผู้สอน รูปแบบการสอน สภาพแวดล้อมการประเมินในชั้นเรียน รูปแบบการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม รวมถึงธรรมชาติของเนื้อหา [21] ทั้งนี้ เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์บางเรื่องที่นิสิตนำมาเป็นประเด็นหรือหัวข้อในการตั้งคำถามอาจยากที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ในระดับประถมและมัธยมศึกษาตอนต้น เช่น การกร่อน เทคโนโลยีอวกาศ น้ำขึ้น-น้ำลง และการเกิดทิศ เป็นต้น

ทั้งนี้ แม้ว่าผู้วิจัยคาดหวังว่าเมื่อนิสิตครูเหล่านี้เมื่อผ่านการปฏิบัติกิจกรรมสืบเสาะลูกโป่งน้ำแข็งร่วมกับการโค้ชเพื่อการรู้คิด นิสิตครูจะสามารถลดจำนวนคำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรงมากขึ้น แต่ถึงกระนั้นก็ตามคำถามเกี่ยวกับประโยชน์และโทษซึ่งเป็นคำถามที่ไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรงกลับเพิ่มจำนวนขึ้น (จากเดิม 5.00% เพิ่มเป็น 10.49%) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะธรรมชาติของเนื้อหา (ปริมาณทางกายภาพ) ที่เป็นเรื่องยากสำหรับนิสิตครู นิสิตครูจึงอาจไม่สามารถตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประเภทอื่น ๆ ได้ จึงหลีกเลี่ยงมาใช้คำถามทางเลือกที่เกี่ยวกับประโยชน์และโทษแทน ซึ่งส่วนใหญ่จะถามว่าประโยชน์และโทษของปริมาณทางกายภาพมีความสำคัญอย่างไร

ข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้คือ การวิเคราะห์คำถามโดยอาศัยคำถามในชั้นเรียนที่จำกัดจากนิสิตครูวิทยาศาสตร์เพียงชั้นเรียนเดียวเท่านั้น ดังนั้นข้อค้นพบจากกลุ่มที่ศึกษาขนาดเล็กอาจทำให้ไม่สามารถสรุปผลการวิจัยได้ทุกมิติ ผู้วิจัยจึงแก้ไขโดยดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัยเป็นระยะเวลายาวนาน จึงทำให้เกิดคำถามประเภทต่างๆ ได้หลากหลายขึ้น อีกทั้งตัวอย่างที่ผู้วิจัยแสดงให้นิสิตครูเห็นนั้น เป็นคำถามเกี่ยวกับการสำรวจและคำถามเกี่ยวกับเหตุและผลเป็นส่วนใหญ่ เป็นผลทำให้คำถามส่วนใหญ่ที่นิสิตครูสร้างขึ้นจึงเป็นคำถามเกี่ยวกับการสำรวจและคำถามเกี่ยวกับเหตุและผลตามลำดับ อย่างไรก็ยังมีคำถามประเภทอื่น ๆ ที่หลากหลายปรากฏในงานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะ

การแสดงโครงสร้างและลักษณะคำถามทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท รวมถึงตัวอย่างของคำถามทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ จะช่วยให้นิสิตครูวิทยาศาสตร์สามารถสร้างคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้น ผู้สอนอาจจัดประสบการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการตั้งคำถามและฝึกการใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบเช่น การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการสร้างสถานการณ์จำลองทางวิทยาศาสตร์ (Simulation) เพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นในการช่วยสนับสนุนการสร้างคำถามของนิสิตครูในบริบทการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และเมื่อนิสิตได้สร้างคำถามทางวิทยาศาสตร์ขึ้นแล้วแต่คำถามที่สร้างขึ้นยังไม่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือยังไม่สามารถนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยตรง ระหว่างนี้ผู้สอนควรมีการโค้ชเพื่อการรู้คิด แนะนำ ส่งเสริมผ่านการตั้งคำถามและการอภิปรายของครูผู้สอนเพื่อปรับเปลี่ยนคำถาม ให้คำถามที่สร้างขึ้นพัฒนาไปสู่คำถามที่สามารถสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงผู้สอนอาจนำเสนอเกณฑ์การพิจารณาคำถามทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้นิสิตครูสามารถประเมินคำถามที่ตั้งขึ้นได้ด้วยตนเอง

เอกสารอ้างอิง

1. Ministry of Education. 2008. Indicators and Core Content of Science, the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008). Bangkok: Ministry of Education. (in Thai)
2. Kamtet, W. 2015. The Usage of Questioning in 5E Science Instruction Model. *IPST magazine*. 43(196): 25-30. (in Thai)
3. Trowbridge, L. W., Bybee, R. W., and Powell, J. C. 2000. Teaching Secondary School Science Strategies for Developing Scientific Literacy. 7th Edition. New Jersey. Prentice-Hall, Inc.
4. Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., and Schwartz, R. S. 2014. Meaningful Assessment of Learners' Understandings about Scientific Inquiry-The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching.* 51(1): 65-83.
5. Krajcik, J., McNeill, K. L., and Reiser, B. J. 2008. Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials that Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy. *Science Education.* 92(1): 1-32.
6. Weiss, I. R., and Pasley, J. D. 2004. What is High-Quality Instruction? *Educational Leadership.* 61(5): 24-28.

7. Roadrangka, V. 2008. Science Teacher Perception about the State of Teaching and Learning Science According to Basic Science Curriculum Reform in Thailand. *Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities.* 14(2): 196-206. (in Thai)
8. Sangsri, N., Kanjanachatree, S., Faikhamta, C., and Suwanruji, P. 2012. An Analysis of Questions in Junior High School Science Textbooks. *Srinakharinwirot Research and Development (Journal of Humanities and Social Sciences.)* 4(7): 33-41. (in Thai)
9. Ladachart, L., and Ladachart, L. 2016. Fifth Grade Students' Questioning about Science. *Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University.* 35(1): 188-202. (in Thai)
10. National Research Council [NRC]. 1996. National Science Education Standards. Washington, DC. The National Academies Press.
11. Delcourt, M. A. B., and McKinnon, J. 2011 .Tools for Inquiry: Improving Questioning in the Classroom. *Spring.* 4(2): 145-159.
12. Wongyai, W. and Patphol, M. 2015. Cognitive Coaching. 5th Ed. Bangkok. Charansanitwong Printing Co., Ltd. (in Thai)
13. Punturat, S., and Punturat, K. 2016. A Development of Teacher Students' Potentiality in Using Question for Intellectual Abilities Assessment by Coaching Techniques. *Journal of Education Khon Kaen University.* 39(1): 9-13. (in Thai)
14. Kemmis, S., McTaggart, R., and Nixon, R. 2014. The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research. Springer, Inc.
15. Institute for Inquiry. 2006. Raising Question. Available from URL: http://www.exploratorium.edu/ifi. 10 January 2017.
16. Chin, C., and Kayalvizhi, G. 2002. Posing Problems for Open Investigations: What Questions Do Pupils Ask? *Research in Science and Technological Education.* 20(2): 269-283.
17. Chin, C., and Osborne, J. 2008. Students' Questions: A Potential Resource for Teaching and Learning Science. *Studies in Science Education.* 44(1): 1-39.
18. Chin, C., and Brown, D. E. 2002. Student-Generated Questions: A Meaningful Aspect of Learning Science. *International Journal of Science Education.* 24(5): 521-549.
19. Marbach-Ad, G., and Sokolove, P. G. 2000. Good Science Begins with Good Questions: Answering the Need for High-Level Questions in Science. *Journal of College Science Teaching.* 30(3): 192-195.

20. Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., and Mamlok-Naaman, R. 2005. Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching.* 42(7): 791-806.
21. Biddulph, F., Symington, D., and Osborne, R. 1986. The Place of Children's Questions in Primary Science Education. *Research in Science and Technological Education.* 4(1): 77-88.

ได้รับบทความวันที่ 14 มิถุนายน 2560
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 4 ธันวาคม 2560