



การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐาน
การใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้
Enhancing the Ability to Construct Scientific Explanations among 7th-Grade Students
Using a Diagram-Based Scientific Explanation Learning Model with
Scaffolding Techniques

กาญจนา ยงดี¹ และ ชนินันท์ พุกฤษประมool^{2*}

Kanchana Yongdee¹ and Chaninan Pruekpramool^{2*}

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาแม้สามารถพัฒนาองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดี แต่การให้เหตุผลยังไม่ชัดเจน การวิจัยแบบผสมวิธีแบบคู่ขนานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ และ 2) ศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี จำนวน 32 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ประกอบด้วย 1) ใบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบสัมภาษณ์การสะท้อนคิดและการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ ร้อยละ และข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า 1) ความสามารถของนักเรียนมีแนวโน้มดีขึ้นระหว่างเรียนรู้ทั้งในภาพรวมและรายองค์ประกอบ มีนักเรียน 1 กลุ่มที่สามารถถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ได้ตั้งแต่การเรียนรู้ครั้งที่ 4 และเมื่อครบทั้ง 7 ครั้งมีนักเรียน 3 กลุ่มที่สามารถถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ได้ และ 2) ความสามารถหลังเรียนในภาพรวมของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง โดยองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือหลักฐาน และการให้เหตุผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง นักเรียนมีแนวทางการได้มาของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันตามระดับความสามารถ และแม้เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้สามารถช่วยให้นักเรียนเขียนเหตุผลได้ดีขึ้นแต่ยังไม่เพียงพอในการส่งเสริมการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างอย่างสมบูรณ์ จึงควรพัฒนาเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ที่มีความเฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกับความแตกต่างของนักเรียนโดยเฉพาะการใช้หลักฐานและการให้เหตุผล

คำสำคัญ : ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้, การเรียนรู้โดยใช้แผนภาพ

Article Info: Received 7 January, 2026; Received in revised form 16 June, 2026; Accepted 24 June, 2026

¹ นิสิตมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อีเมล : kanchana.yongdee@g.swu.ac.th
Master Student in Division of Science Education, Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.
Email: kanchana.yongdee@g.swu.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อีเมล : chaninan@g.swu.ac.th
Assistant Professor (Ph.D.) in Division of Science Education, Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.
Email: chaninan@g.swu.ac.th

Abstract

Previous instructional approaches have effectively developed the claim and evidence components of students' ability to construct scientific explanations. However, the reasoning component remains unclear. This convergent parallel mixed-methods research aimed 1) to study seventh-grade students' level of ability to construct scientific explanations during learning using the diagram-based scientific explanation learning model with scaffolding techniques, and 2) to study seventh-grade students' level of ability to construct scientific explanations after learning. The target group consisted of 32 seventh-grade students from a school under the Office of Secondary Education Service Area in Kanchanaburi Province, selected through purposive sampling. Research instruments for collecting data composed of 1) group and individual activity worksheets, 2) a scientific explanation ability test, and 3) reflective thinking and learning interview protocols. Quantitative data were analyzed using mean, standard deviation, frequency, and percentage, while qualitative data were analyzed using content analysis. The findings revealed that 1) students demonstrated an improvement in their ability during learning, both overall and across components. One group of students was able to withdraw from the scaffolding technique by the fourth lesson, and by the end of the seventh lesson, three groups were able to withdraw from the scaffolding technique. 2) Students' ability after learning was at a moderate level overall. The claim component had the highest mean score at a moderate level, followed by evidence and reasoning, which were at levels needing improvement. Students displayed different approaches to constructing scientific explanations depending on their ability levels. Although scaffolding techniques helped improve students' reasoning, but insufficient to fully support the integration of evidence with claims. Therefore, more targeted scaffolding strategies tailored to individual differences are needed, particularly in supporting the use of evidence and reasoning.

Keywords: ability to construct scientific explanations, scaffolding technique, diagram-based learning

บทนำ

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ที่ปรากฏในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของการประเมิน Programme for International Student Assessment (PISA) (OECD, 2024) และมาตรฐานการเรียนรู้ของต่างประเทศ เช่น Next Generation Science Standards (NGSS) ของสหรัฐฯ (NGSS Lead States, 2013) และหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิงคโปร์ (Ministry of Education, Singapore, 2013) โดยมุ่งให้นักเรียนใช้ความรู้เชื่อมโยงหลักฐานและเหตุผลเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สอดคล้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ไทยที่เน้นการสืบเสาะและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีบ่งบอกว่า นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง (Driver et al., 2000) และช่วยกระตุ้นให้เกิดการคิดเชิงวิเคราะห์ ตั้งคำถามและการใช้หลักฐานในการ

อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล McNeill and Krajcik (2007) แบ่งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล อย่างไรก็ตาม งานวิจัยทั้งในไทยและต่างประเทศพบปัญหาสำคัญคือ นักเรียนไม่สามารถสร้างคำอธิบายได้ดีเท่าที่ควร มักเขียนข้อความสั้น ขาดข้อมูลหรือหลักฐานจากการตรวจสอบ และขาดเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน (จิรภัทร ศรีระอุดม และ กัญญารัตน์โคจร, 2566; Ariely et al., 2024) เนื่องจากนักเรียนยังขาดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างเหมาะสม การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาไม่จะเป็นการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์ PRO คือ สมมติฐาน-การใช้เหตุผล-ข้อสรุป (Premise-Reasoning-Outcome) ร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ (Tang, 2016) การเรียนรู้แบบแบบใช้บริบทเป็นฐาน (วิสาข์ รังงาม และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2562) การสอนด้วยบริบทสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ดี แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จชัดเจนในองค์ประกอบการให้เหตุผล (วันวิสาข์ รังงาม และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2562; Tang, 2016)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพ (Diagram-based scientific explanation learning model: DSE learning model) ได้รับการพัฒนาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ มุ่งเน้นการพัฒนาองค์ประกอบการให้เหตุผลของนักเรียนเป็นสำคัญผ่านการใช้เทคนิคการเขียนแผนภาพ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก (Wannathai & Pruekpramool, 2024) ได้แก่ 1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม นักเรียนอธิบายแลกเปลี่ยนความคิดหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือคำถามที่ครูกำหนดเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน 2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนร่วมกันระดมความคิดภายในกลุ่มถึงข้อกล่าวอ้างที่เป็นไปได้ในรูปของแผนผังความคิด 3) ขั้นค้นหาหลักฐาน นักเรียนสำรวจตรวจสอบข้อมูลในองค์ความรู้ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 4) ขั้นเขียนแผนภาพ นักเรียนเขียนแผนภาพเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง 5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนำข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลที่ได้จากก่อนหน้ามาเรียบเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ การใช้แผนภาพช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด สามารถอธิบายได้เป็นระบบ และสามารถย้อนกลับมาแก้ไขแนวคิดที่ไม่สมเหตุผลได้ง่ายขึ้น ผลการใช้รูปแบบดังกล่าว พบว่า นักเรียนมีความสามารถเพิ่มขึ้นทั้งสามองค์ประกอบ โดยเฉพาะการให้เหตุผล ซึ่งนักเรียนที่อยู่ในระดับควรปรับปรุงลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีนักเรียนที่อยู่ในระดับดีเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งของการจัดการเรียนรู้ แม้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมการจัดโครงสร้างของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดี แต่บทบาทของแผนภาพในการพัฒนาการให้เหตุผล โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ยังไม่ชัดเจนในเชิงทฤษฎี งานวิจัยที่ผ่านมามองแผนภาพเป็นเพียงเครื่องมือช่วยแสดงความคิดมากกว่าการอธิบายกลไกที่ทำให้เกิดการพัฒนาการให้เหตุผล นอกจากนี้ช่องว่างดังกล่าวยังชัดเจนในบริบท

ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีพัฒนาการทางการคิดแตกต่างจากระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงจำเป็นต้องมีการช่วยเหลืออย่างค่อยเป็นค่อยไปผ่านเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding technique)

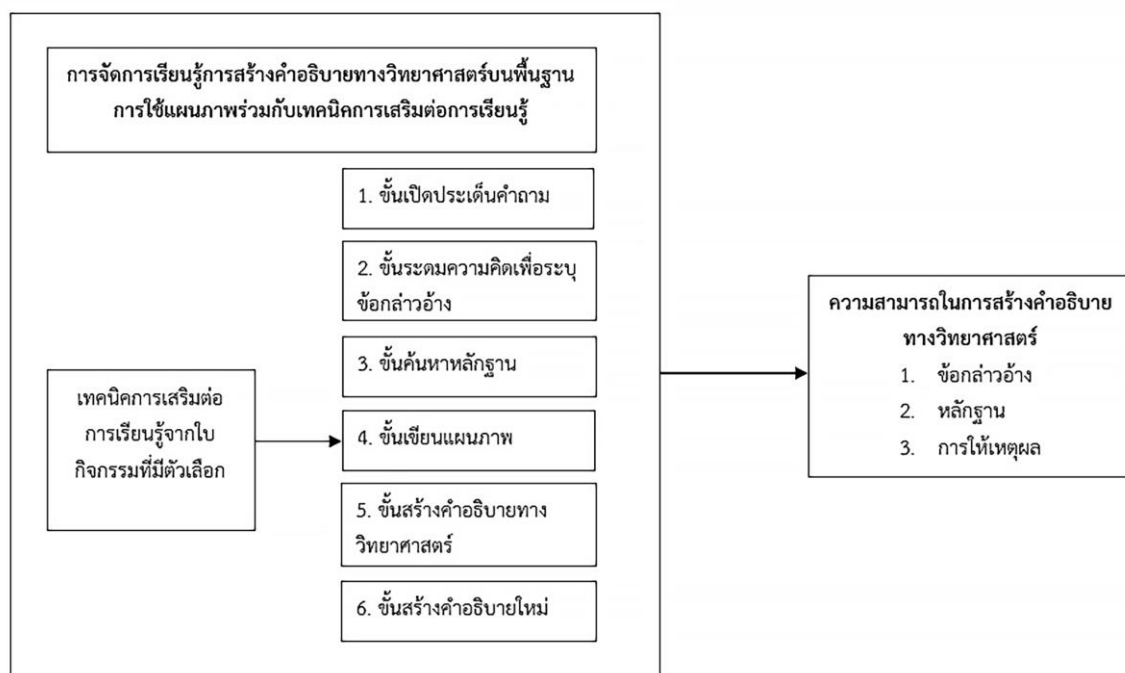
เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้มีฐานคิดสำคัญจาก Vygotsky (1978) ที่เชื่อว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผู้เรียนได้รับการสนับสนุนภายในเขตพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development: ZPD) หมายถึง ช่วงระดับที่ผู้เรียนสามารถทำงานได้เมื่อได้รับการช่วยเหลืออย่างเหมาะสม เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้สามารถใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่ง Wood et al. (1976) ระบุว่า การเสริมต่อการเรียนรู้ต้องมีความยืดหยุ่นตามความสามารถของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองและเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ควรถูกถอดออกอย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้จึงวางตำแหน่งของเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ในฐานะกลไกที่ช่วยเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง เพื่อขยายความเข้าใจเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาการให้เหตุผล

ผู้วิจัยนำเทคนิคนี้มาใช้ในการช่วยเหลือนักเรียนร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยเป็นการช่วยเหลือในองค์ประกอบของการให้เหตุผล ในขั้นตอนของการเขียนแผนภาพระหว่างการจัดการเรียนรู้ผ่านการใช้เครื่องมือ คือ ใบกิจกรรม โดยมีการกำหนดตัวเลือกของเหตุผลให้กับนักเรียน 2 ตัวเลือก และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกให้ถูกต้อง หากนักเรียนกลุ่มใดสามารถเลือกถูก 2 ครั้งติดกัน ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไป จะทำการถอดการเสริมต่อการเรียนรู้โดยได้รับใบงานที่ไม่มีตัวเลือกของเหตุผลให้ หากไม่สามารถระบุเหตุผลได้ถูกต้อง นักเรียนจะต้องกลับมาใส่การเสริมต่อการเรียนรู้อีกครั้งจนกว่าจะสามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง การเสริมต่อการเรียนรู้โดยวิธีการกำหนดตัวเลือกของเหตุผล ช่วยลดความจำเป็นในการสร้างการให้เหตุผลด้วยตนเองทั้งหมดในระยะแรก ขณะเดียวกันยังช่วยขึ้นโครงสร้างของการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ผ่านการเปรียบเทียบและเลือกเหตุผลที่เหมาะสม (Weinlader et al., 2019) ดังนั้นการผสมผสานรูปแบบ DSE learning model เข้ากับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเฉพาะในองค์ประกอบการให้เหตุผล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามมาตรฐานการเรียนรู้ และพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 อย่างแท้จริง

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้มาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในหัวข้อ ลมฟ้าอากาศ รูปแบบดังกล่าวมุ่งเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล โดยเฉพาะในส่วนของการให้เหตุผลซึ่งเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมักมีปัญหามากที่สุด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้น (ภาพ 1)

ภาพ 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้โดยทำการศึกษาแยกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1.1 แนวโน้มของระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้

1.2 การใช้การเสริมต่อการเรียนรู้ตามระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายกลุ่มระหว่างเรียนรู้

2. เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้โดยทำการศึกษาแยกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

2.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนรู้

2.2 การได้มาของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความคิดเห็นของนักเรียนต่อเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบผสมวิธี (mixed-method research) แบบแผนคู่ขนาน (convergent design) เป็นการใช้วิธีรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณเพื่อนำผลมาบูรณาการในการตีความร่วมกัน (Creswell & Plano Clark, 2017) โดยข้อมูลเชิงปริมาณใช้เพื่อแสดงแนวโน้มและระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ขณะที่ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้เพื่อวิเคราะห์ผลงานของนักเรียนและการสัมภาษณ์สะท้อนคิดใช้เพื่ออธิบายลักษณะและกระบวนการพัฒนาการให้เหตุผล การบูรณาการข้อมูลดำเนินการโดยการเปรียบเทียบและเชื่อมโยงผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วนเพื่อยืนยันความสอดคล้องหรือแตกต่างของผลการวิจัย โดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพช่วยอธิบายเชิงลึกต่อแนวโน้มที่พบในข้อมูลเชิงปริมาณ โดยเฉพาะประเด็นการพัฒนาการให้เหตุผลให้มีความชัดเจนและความน่าเชื่อถือของการตีความผลการวิจัยโดยรวมมากขึ้น

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ในโรงเรียนสังกัด สพฐ. จำนวน 32 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันพิจารณาจากผลการเรียนวิทยาศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่เคยมีประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยตรงมาก่อน และเป็นกลุ่มที่เข้ารับการจัดการเรียนรู้ครบทุกครั้งของการจัดการเรียนรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ประกอบด้วย 7 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ชั้นบรรยากาศ 2) อุณหภูมิอากาศ 3) ความกดอากาศ 4) ลม 5) ความชื้น 6) เมฆ และฝน และ 7) การพยากรณ์อากาศ โดยใช้แผนละ 2 คาบเรียน รวมทั้งสิ้น 14 คาบเรียน จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม โดยมีค่าความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผน (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.33–5.00 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด จึงถือว่า เครื่องมือมีคุณภาพด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

2.2.1 ใบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล ใช้ระหว่างและท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อติดตามแนวโน้มและการถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใบกิจกรรมกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และมีตัวเลือกในส่วนการให้เหตุผล การออกแบบตัวเลือกการให้เหตุผลเป็นการฝึกนักเรียนให้เห็นต้นแบบของเหตุผลที่ถูกต้องในระยะเริ่มต้น

โดยช่วยชี้ให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ก่อนที่จะพัฒนาไปสู่การสร้างเหตุผลด้วยตนเอง หากเลือกถูกต้อง 2 ครั้งติดต่อกัน ตัวเลือกจะถูกถอดออก แต่หากไม่สามารถเขียนได้เมื่อไม่มีตัวเลือก ก็จะกลับมาใช้ตัวเลือกอีกครั้งส่วนใบกิจกรรมรายบุคคลให้นักเรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเองหลังการเรียนรู้แต่ละแผนจนได้คำตอบที่สมบูรณ์ โดยผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ใบกิจกรรมกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ออยู่ระหว่าง 3.33–4.67 ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด และใบกิจกรรมรายบุคคลมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ออยู่ระหว่าง 3.00–4.33 ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด

2.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 6 คะแนน รวมทั้งสิ้น 18 คะแนน ผ่านการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ออยู่ระหว่าง 4.67–5.00 ในระดับมากถึงมากที่สุด ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 33 คน ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.49 – 0.66 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.63 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พัฒนามาจากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2007) เป็นเกณฑ์ที่ประเมินจากพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถของนักเรียน ซึ่งแบบวัดเป็นแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ โดยมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ออยู่ระหว่าง 4.33–5.00 ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งข้อคำถามจะเป็นการให้สถานการณ์พร้อมกับข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาคำตอบในสถานการณ์ที่กำหนด

2.2.3 แบบสัมภาษณ์การสะท้อนคิดและการเรียนรู้ เป็นการให้คำถามปลายเปิดศึกษาการได้มาของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวข้องใน 2 ประเด็น ได้แก่ 1) การสะท้อนคิดเกี่ยวกับการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 คำถาม คือ (1) นักเรียนมีกระบวนการในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละข้อคำถามในแบบวัดอย่างไร ให้นักเรียนเล่ากระบวนการในภาพรวม (2) นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลได้อย่างไร อธิบายการได้มาของแต่ละองค์ประกอบ และ 2) การสะท้อนคิดเกี่ยวกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 1 คำถาม คือ นักเรียนคิดว่าเทคนิคนี้ส่งเสริมการเรียนรู้สามารถช่วยเหลือนักเรียนในขั้นตอนการให้เหตุผลได้หรือไม่อย่างไร โดยมีค่าความสอดคล้องจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เท่ากับ 5.00 ในระดับมากถึงมากที่สุด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ผู้วิจัยขออนุญาตจากผู้อำนวยการโรงเรียนเพื่อขอความยินยอมในการเก็บข้อมูลการทำงานวิจัย โดยแจ้งวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ลักษณะกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้

3.2 ผู้วิจัยขออนุญาตจากนักเรียนเพื่อขอความยินยอมในการเก็บข้อมูลการทำงานวิจัย และทำบันทึกข้อตกลงการเข้าร่วมการวิจัย

3.3 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย และกระบวนการจัดการเรียนรู้ การเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพแก่นักเรียนก่อนเริ่มทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

3.4 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับการเสริมต่อการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.5 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากใบกิจกรรมและแบบสัมภาษณ์การสะท้อนคิดและการเรียนรู้แบบรายบุคคล เพื่อประเมินการถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยชื่อนักเรียนจะถูกกำหนดเป็นรหัสแทน

3.6 เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าวครบตามแผนจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเชิงปริมาณโดยการให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ

3.7 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนตัวแทน 3 กลุ่ม ที่แบ่งจากจากระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กลุ่มละ 3 คน เพื่อศึกษาการได้มาของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และสะท้อนการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้

3.8 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ถึงผลของการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการได้มาซึ่งสร้างคำอธิบายของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับการเสริมต่อการเรียนรู้เรื่อง ลมฟ้าอากาศ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

4.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นการสะท้อนผลระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยระหว่างเรียนใช้คะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลท้ายแผน และหลังเรียนใช้คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทั้งภาพรวมและรายองค์ประกอบ วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลผลตามเกณฑ์ 3 ระดับ ได้แก่ ดี ปานกลาง และควรปรับปรุง เพื่อติดตามแนวโน้มความสามารถของนักเรียนด้วยความถี่และร้อยละ

4.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการสะท้อนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างและหลังเรียน โดยใช้ข้อมูลจากใบกิจกรรมกลุ่ม ใบกิจกรรมรายบุคคล และการสัมภาษณ์สะท้อนคิดทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.2.1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์พฤติกรรมถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่ม หากเลือกนักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกเหตุผลถูก 2 ครั้ง ติดต่อกัน ถือว่าถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ได้และครั้งต่อไปนักเรียนกลุ่มนั้นจะต้องเขียนเหตุผลด้วยตนเอง จากนั้นวิเคราะห์ข้อความที่เขียนเพื่อจำแนกความถี่และลักษณะการเขียนเชื่อมโยงกับพฤติกรรมถอดการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.2.2 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์แนวโน้มความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Krippendorff, 2019) โดยการนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาพิจารณาและจัดกลุ่มข้อความออกเป็น 3 องค์ประกอบตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทำการพิจารณา 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดี ปานกลาง และควรปรับปรุง เมื่อทำการให้คะแนนแล้ว ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์แนวโน้มความสามารถของนักเรียนโดยใช้วิธีการนับความถี่และหาค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละระดับในแต่ละครั้งของการจัดการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบผลการประเมินจากแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 7 เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความสามารถตลอดกระบวนการเรียนรู้

4.2.3 ผู้วิจัยทำการศึกษาการได้มาของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการสัมภาษณ์ผ่านแบบสัมภาษณ์สะท้อนคิดและการเรียนรู้หลังทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสัมภาษณ์ตัวแทนนักเรียนที่มีความสามารถต่างระดับตามผลประเมิน เพื่อสะท้อนกระบวนการคิด ถอดความจากคำสัมภาษณ์และวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยการแยกข้อความตามองค์ประกอบ จัดกลุ่ม วิเคราะห์ประเด็นซ้ำ และตรวจสอบความน่าเชื่อถือด้วยคำถามย้อนกลับ เพื่อให้แน่ใจว่าการตีความของผู้วิจัยตรงกับความตั้งใจของผู้เรียน

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งการถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ แนวโน้มความสามารถ และแบบสัมภาษณ์สะท้อนคิดและการเรียนรู้ มาเรียบเรียงและจัดระบบของกลุ่มคำตอบ จากนั้นทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลเข้าด้วยกัน และสร้างข้อสรุปร่วมกัน เพื่อสะท้อนความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

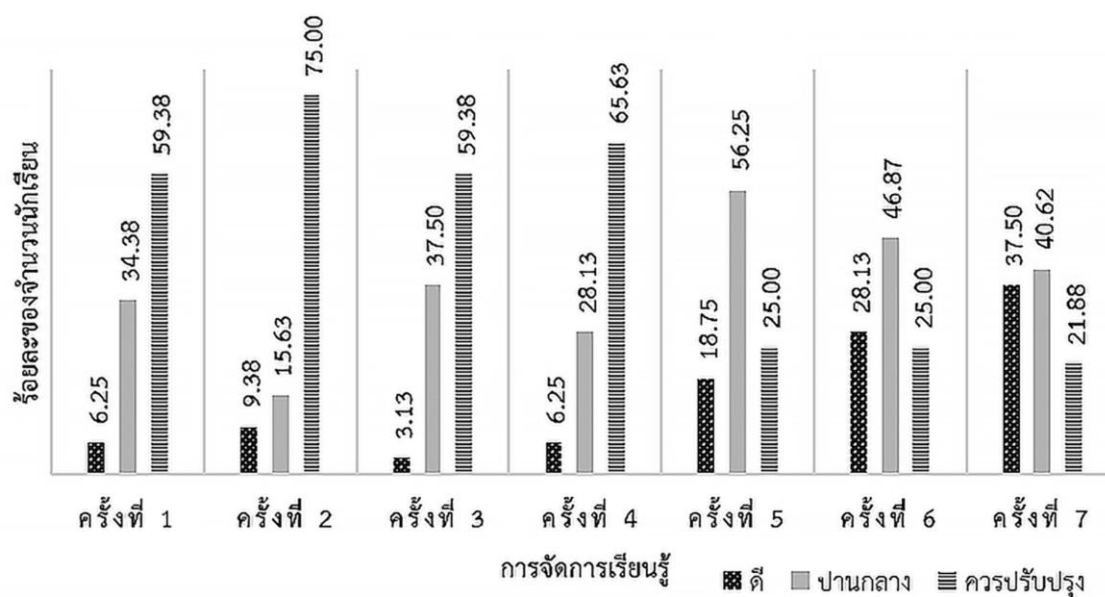
ผลการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้

1.1 นักเรียนมีแนวโน้มของระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างเรียนในภาพรวมดีขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 7 ครั้ง โดยพบว่า แนวโน้มของจำนวนนักเรียนที่อยู่ในระดับดีมีจำนวนเพิ่มขึ้น ยกเว้นครั้งที่ 3 ที่มีการลดลง เมื่อพิจารณาแนวโน้มของระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง แนวโน้มความสามารถของนักเรียนอยู่ในระดับดี มีการเพิ่มขึ้นและลดลง เช่นเดียวกับระดับความสามารถปานกลาง และระดับควรปรับปรุงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม นักเรียนมีแนวโน้มความสามารถอยู่ในระดับดีจำนวนมากขึ้นเมื่อถึงกิจกรรมที่ 7 (ภาพ 2)

ภาพ 2

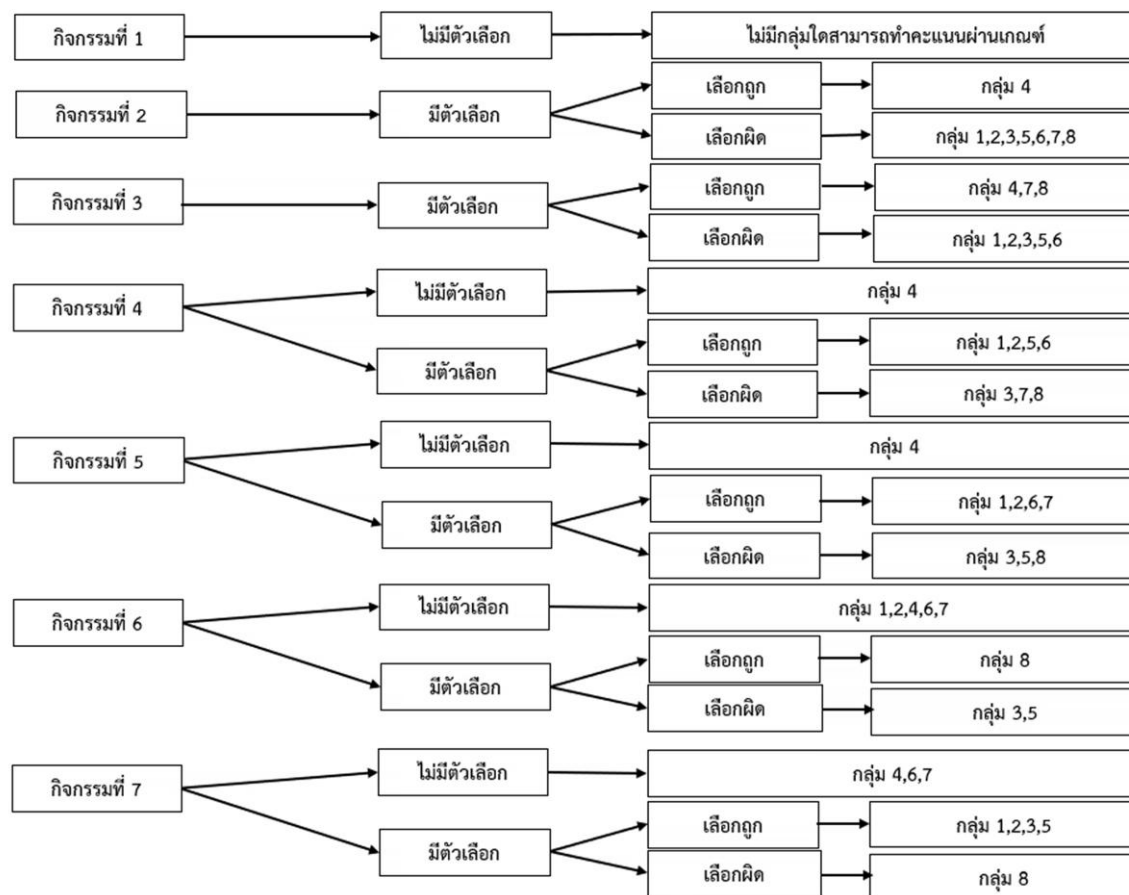
แนวโน้มของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวม



1.2 การถอดการเสริมต่อการเรียนรู้เสริมเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้ทั้งหมด 7 ครั้ง โดยจากนักเรียน 7 กลุ่มมี 1 กลุ่มที่สามารถถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ได้ตั้งแต่การเรียนรู้ครั้งที่ 4 (กลุ่ม 4) และเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ พบว่า มีนักเรียน 3 กลุ่ม (กลุ่ม 4, 6 และ 7) ที่สามารถถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ได้ ในระยะแรกนักเรียนยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน แต่เมื่อได้รับการช่วยเหลือผ่านเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (ภาพ 3)

ภาพ 3

การถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ระหว่างการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม



2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับการเสริมต่อการเรียนรู้

2.1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถ หลังเรียนในภาพรวมส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาในรายองค์ประกอบ พบว่า ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างนักเรียนทำคะแนนออกมาได้ดีที่สุดอยู่ในระดับปานกลาง ($M = 3.79$, $SD = 1.28$) ลำดับถัดมาคือ องค์ประกอบหลักฐาน อยู่ในระดับควรปรับปรุง ($M = 2.88$, $SD = 1.51$) และองค์ประกอบที่ทำคะแนนได้น้อยที่สุดคือ การให้เหตุผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง ($M = 1.91$, $SD = 1.43$) (ตาราง 1)

ตาราง 1

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ลมฟ้าอากาศ

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	M	SD	ระดับความสามารถ
1. ข้อกล่าวอ้าง	6	6	1	3.79	1.28	ปานกลาง
2. หลักฐาน	6	5	0	2.88	1.51	ควรปรับปรุง

ตาราง 1 (ต่อ)

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ลมฟ้าอากาศ

ความสามารถในการ สร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์	คะแนน เต็ม	คะแนน สูงสุด	คะแนนต่ำสุด	M	SD	ระดับความสามารถ
3. การให้เหตุผล	6	5	0	1.91	1.43	ควรปรับปรุง
ภาพรวม	18	15	2	8.58	3.51	ปานกลาง

2.2 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนในภาพรวมจำนวนมากที่สุดอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือ ระดับควรปรับปรุง และน้อยที่สุดคือ ระดับดี ในรายองค์ประกอบพบว่า ในองค์ประกอบของข้อกล่าวอ้างนักเรียนอยู่ในระดับดีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ ระดับปานกลาง และน้อยที่สุดคือ ระดับควรปรับปรุง องค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผล นักเรียนอยู่ใน ระดับควรปรับปรุงจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ ระดับปานกลาง และน้อยที่สุดคือ ระดับดี (ตาราง 2)

ตาราง 2

จำนวนและร้อยละตามระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมและรายองค์ประกอบหลังเรียน

ความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	จำนวน (ร้อยละ) ตามระดับความสามารถ		
	ดี	ปานกลาง	ควรปรับปรุง
1. ข้อกล่าวอ้าง	13 (40.63)	16 (50.00)	3 (9.38)
2. หลักฐาน	7 (21.88)	12 (37.50)	13 (40.63)
3. การให้เหตุผล	1 (3.13)	10 (31.25)	21 (65.63)
ภาพรวม	3 (9.38)	19 (59.38)	10 (31.25)

2.3 นักเรียนในทั้งสามระดับความสามารถมีขั้นตอนพื้นฐานในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ การอ่านสถานการณ์คำถาม การระบุข้อกล่าวอ้าง และการเลือกหลักฐานจากข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังกล่าว อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างในด้านการเลือกหลักฐานและการให้เหตุผล ได้แก่ นักเรียนบางคนเลือกใช้หลักฐานทุกชิ้นที่ปรากฏในสถานการณ์เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ขณะที่บางคนสามารถคัดเลือกเฉพาะหลักฐานที่มีความสำคัญและสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสม ในด้านการให้เหตุผล พบว่า นักเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถในระดับดี สามารถใช้ความรู้ที่ได้เรียนมาเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างสมบูรณ์และเป็นระบบ ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ “เริ่มดูข้อมูลที่ครูให้มา แล้วก็ไปดูข้อมูลที่ครูเคยสอนไว้ในคาบเรียน จากนั้นดูว่ามันสอดคล้องกันหรือไม่กับข้อกล่าวอ้างหลักฐานที่ให้มา และการให้เหตุผล” (นักเรียน S01, การสื่อสารส่วนบุคคล, 21 มกราคม 2568) นักเรียนในระดับปานกลางสามารถอ้างเหตุผลจากความรู้เดิมได้เช่นกัน แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ได้อย่างครบถ้วนหรือครอบคลุมทั้งหมด ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ “เริ่มอ่านโจทย์ที่ให้มา จากนั้นวิเคราะห์คำถาม

เพื่อหาคำประกอบ 3 อัน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน จากนั้นนำมาเรียบเรียงกัน รวมกับด้วยเหตุผลที่มาจากครูสอนในคาบเรียน” (นักเรียน S09, การสื่อสารส่วนบุคคล, 21 มกราคม 2568) และกลุ่มนักเรียนที่อยู่ในระดับควรปรับปรุง มักเขียนเหตุผลรวมกับหลักฐานโดยไม่แยกแยะ หรือเข้าใจผิดว่าหลักฐานและเหตุผลเป็นสิ่งเดียวกัน ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ ตัวอย่างคำตอบ ได้แก่ “อ่านโจทย์ แล้วก็เขาถามอะไรก็ตอบเลย ก็คือข้อกล่าวอ้าง หลักฐานก็คือข้อมูลในโจทย์ เอามาต่อกับข้อกล่าวอ้าง ส่วนเหตุผลก็คือหลักฐาน ผมคิดว่ามันคืออันเดียวกัน” (นักเรียน S19, การสื่อสารส่วนบุคคล, 21 มกราคม 2568)

อภิปรายผล

ผลการวิจัย แบ่งประเด็นในการอภิปรายออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคนั่งร้านเสริมเรียนรู้ นำเสนอการอภิปราย 2 ประเด็น ดังนี้

1.1 แนวโน้มของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการฝึกสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน โดยใช้แผนภาพประกอบการเรียนรู้ และมีการแทรกเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ตลอดกระบวนการเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้เหตุผลและเลือกหลักฐานที่เหมาะสมกับข้อกล่าวอ้าง ในขั้นเปิดประเด็นคำถามและระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนได้แสดงความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่ศึกษา โดยการร่วมกันคิดและอภิปรายในกลุ่มเพื่อตอบคำถามจากสถานการณ์ และร่วมกันเขียนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงระดับความเข้าใจในองค์ความรู้พื้นฐานของนักเรียนแต่ละคน ขึ้นค้นหาหลักฐานนักเรียนได้สืบค้น ทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการเลือกหลักฐานที่เหมาะสมและอภิปรายร่วมกันถึงความเชื่อมโยงของข้อมูลกับข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ ขึ้นเขียนแผนภาพ นักเรียนใช้แผนภาพเป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งช่วยให้สามารถจัดระบบความคิดและสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีโครงสร้าง และพัฒนาข้อกล่าวอ้างให้มีความสมเหตุสมผลมากขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้แผนภาพมีบทบาทสำคัญในการเป็นเครื่องมือเชิงโครงสร้าง ขณะที่การเสริมต่อการเรียนรู้ทำหน้าที่เป็นกลไกในการเชื่อมโยงเชิงเหตุผล ขึ้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเขียนคำอธิบายโดยเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลตามแนวทางของ McNeill and Krajcik (2007) โดยเฉพาะนักเรียนที่ได้รับการฝึกฝนหลายครั้งจะสามารถเขียนคำอธิบายได้โดยไม่ต้องอาศัยความช่วยเหลือ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความสามารถอย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง จากแนวโน้มความสามารถดังกล่าว พบว่า แนวโน้มในแต่ละองค์ประกอบมีความผันแปรขึ้นลงระหว่างกิจกรรมในแต่ละแผนโดยอาจมีปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ 1) ลักษณะความซับซ้อนของสถานการณ์ ความใกล้เคียงของประสบการณ์ ทำให้นักเรียนสับสนในการเลือกหลักฐานสอดคล้องกับ Moore and Wright (2023) ที่กล่าวว่า นักเรียนมีความสับสนในการเขียนแต่ละองค์ประกอบ และมักนำ

หลักฐานมาเขียนในองค์ประกอบของเหตุผล 2) แนวคิดของแต่ละแผนการเรียนรู้ บางแผนเน้นกระบวนการทดลองที่อาจจำเป็นต้องใช้ทักษะสูงในการวิเคราะห์และตีความ ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารช่วงแรกของการเรียนรู้คล้อยกับงานวิจัยของ สิริพงศ์ แพทย์วงศ์ และคณะ (2563) ที่กล่าวว่า ความสามารถ ของนักเรียนจะมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อจัดการเรียนรู้ในบริบทที่คุ้นเคยร่วมกับการปฏิบัติเพื่อสรุปองค์ความรู้ และ 3) พื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน มีผลอย่างมากต่อการเขียนเหตุผลของนักเรียน โดยถ้าเนื้อหามีความซับซ้อน นักเรียนจะระบุข้อมูลสำคัญไม่ครบถ้วน แต่หากได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง นักเรียนจะสามารถพัฒนาและปรับปรุงให้มีความสามารถมากขึ้นได้ตามลำดับ

1.2 การถอดการเสริมต่อการเรียนรู้ตามระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนรู้ พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่ม เมื่อได้รับการช่วยเหลือผ่านเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ในการถอดนัยเสริมเรียนรู้เพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ยังคงมีบางกลุ่มที่ต้องใส่การเสริมต่อการเรียนรู้กลับไปอีกครั้งหลังจากที่ถอดออกแล้ว เนื่องจากนักเรียนยังมีความไม่เข้าใจในสถานการณ์หรือองค์ความรู้ในเรื่องนั้น ๆ อย่างแท้จริง ซึ่งอาจเกิดจากความซับซ้อนของเนื้อหาหรือข้อจำกัดด้านทักษะการเชื่อมโยงเหตุผลและหลักฐานของผู้เรียน (McNeill & Krajcik, 2007) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การเสริมต่อการเรียนรู้ในรูปแบบของคำถามชี้้นำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดและสามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างมีเหตุผล เช่น ข้อมูลนี้เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างของนักเรียนอย่างไร เหตุผลอะไรที่คิดว่า ข้อมูลนี้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างข้อมูลดังกล่าวขัดแย้งกับข้อคิดเห็นในกลุ่มเพื่อนหรือไม่ เพราะอะไร ผลของการถามคำถามชี้นำดังกล่าว ทำให้นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์มากขึ้น เกี่ยวกับการเปรียบเทียบหรือเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐาน สะท้อนให้เห็นว่า การเสริมต่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมสามารถช่วยให้นักเรียนก้าวข้ามเขตพัฒนาการใกล้เคียง (ZPD) ไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ Vygotsky (1978) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะพัฒนาเมื่อได้รับความช่วยเหลือหรือสนับสนุนจากครู สังคม เพื่อน ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านหรือสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ข้อมูลจากการทำกิจกรรมกลุ่มและกิจกรรมรายบุคคล พบว่า สามารถนำไปสนับสนุนซึ่งกันและกัน ผลการวิจัยครั้งนี้ช่วยขยายความเข้าใจเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับบทบาทของการเสริมต่อการเรียนรู้โดยแสดงให้เห็นว่าการสนับสนุนการเรียนรู้แบบเป็นลำดับขั้นสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผลได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น

2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลมฟ้าอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพร่วมกับเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ นำเสนอการอภิปราย 2 ประเด็น ดังนี้

2.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ หลังจากทำการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น นักเรียนได้ทำแบบวัดฯ พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีกว่าองค์ประกอบอื่น ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจในระดับพื้นฐานของผู้เรียนต่อประเด็นที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตในแต่ละสถานการณ์ พบว่า ความสามารถนี้มี แนวโน้มขึ้น-ลงตามลักษณะของสถานการณ์ และความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งอาจส่งผลต่อการสื่อสารข้อกล่าวอ้างอย่างชัดเจน สอดคล้อง

กับงานวิจัยของ McNeill and Krajcik (2007) ที่ชี้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อกล่าวอ้างได้ดี เพราะข้อกล่าวอ้างเป็นเพียงการระบุสิ่งที่ตนเชื่อหรือคิดว่าเป็นคำตอบ โดยไม่จำเป็นต้องให้เหตุผลหรือใช้หลักฐานที่ซับซ้อน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุชาติ ศรีสกุล (2565) และ Wannathai and Pruekpramool (2024) มีผลในทำนองเดียวกันคือ นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ดีกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ เนื่องจากข้อกล่าวอ้างมักอิงอยู่กับประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักเรียน และมีลักษณะเป็นข้อความสั้น ๆ ที่ตอบตรงประเด็น ในทางกลับกัน องค์ประกอบ หลักฐาน และการให้เหตุผล ที่มีคะแนนต่ำกว่า สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังไม่เพียงพอในการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ชี้ให้เห็นว่าแม้แผนภาพและการเสริมต่อการเรียนรู้จะช่วยเป็นแนวทางในการสร้างคำอธิบาย แต่การพัฒนาการให้เหตุผลอาจต้องอาศัยเครื่องมือหรือเทคนิคที่เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น เช่น การฝึกให้ผู้เรียนให้เหตุผลในบริบทที่หลากหลาย นอกจากนี้ผลของระดับการให้เหตุผลที่ต่ำอาจสะท้อนข้อจำกัดของการออกแบบกิจกรรมหรือระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่ยังไม่เพียงพอ รวมถึงความแตกต่างระหว่างผู้เรียนในด้านความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2 การได้มาของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความคิดเห็นของนักเรียนต่อเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เป็นตัวแทนในแต่ละระดับ พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีแนวทางการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ นักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับดี เริ่มจากการอ่านสถานการณ์ วิเคราะห์คำถาม แยกประโยคที่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน แล้วใช้ข้อเท็จจริงที่เรียนมาในห้องเรียนมาเขียนเป็นเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน นักเรียนที่มีความสามารถในระดับปานกลาง นักเรียนอ่าน วิเคราะห์สถานการณ์ และระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล แต่การเขียนยังขาดความชัดเจนและความแม่นยำในองค์ความรู้ และนักเรียนที่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุง นักเรียนกลุ่มนี้มีความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ มักใช้หลักฐานเป็นเพียงข้อมูลในใจโดยไม่แยกชัดเจนระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน หรือเหตุผล บางคนเข้าใจว่า หลักฐานและเหตุผลคือสิ่งเดียวกัน เมื่อพิจารณาข้อมูลเชิงปริมาณร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับผลงานของผู้เรียนที่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ แต่ยังมีข้อจำกัดในการเชื่อมโยงเหตุผล ข้อมูลเชิงคุณภาพชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนมักเลือกเหตุผลได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายด้วยตนเองได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลเชิงปริมาณที่พบว่าองค์ประกอบการให้เหตุผลยังอยู่ในระดับต่ำ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. แม้ว่าสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมและแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนในระดับหนึ่ง แต่ยังคงพบว่านักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจบริบทอย่างแท้จริง โดยเฉพาะเมื่อเนื้อหามีความซับซ้อนเกินระดับประสบการณ์ ส่งผลให้ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับความรู้เดิมเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายที่สมบูรณ์ ดังนั้นควรปรับสถานการณ์คำถามให้สอดคล้อง

กับชีวิตประจำวันและเหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนมากขึ้น

2. แม้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและตรงประเด็น แต่ยังมีข้อจำกัดในการเลือกใช้ข้อมูลเป็นหลักฐานและการอธิบายเหตุผลเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง ส่งผลให้คะแนนในองค์ประกอบหลักฐานและการให้เหตุผลอยู่ในระดับปรับปรุง จึงควรเน้นการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้คำถามชี้แนะหรือการวิเคราะห์ตัวอย่างคำตอบที่ดี เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงและสร้างความเข้าใจอย่างเป็นขั้นตอน

3. การใช้เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ช่วยพัฒนาการเขียนคำอธิบายได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังมีนักเรียนกลุ่มที่ควรปรับปรุงซึ่งไม่สามารถถึงประเด็นจากคำถามการเสริมต่อการเรียนรู้มาใช้ได้ โดยเฉพาะเมื่อคำถามเป็นลักษณะปลายเปิดหรือกว้างเกินไป ทำให้เกิดความสับสนและเขียนได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นการใช้เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ควรปรับให้ยืดหยุ่นและเหมาะสมกับแต่ละกลุ่มผู้เรียน โดยเฉพาะกลุ่มที่ควรปรับปรุง ควรใช้คำถามชี้แนะที่ชัดเจน เจาะจง และอยู่ในบริบทที่เข้าใจง่าย เพื่อช่วยให้นักเรียนประมวลแนวคิดและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ผลการวิจัย พบว่า แม้นักเรียนจะมีแนวโน้มในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แต่เมื่อพิจารณาภาพรวมหลังสิ้นสุดกระบวนการยังพบว่า ความสามารถของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยเฉพาะในองค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผล ยังอยู่ในระดับควรปรับปรุง ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดของเวลาการฝึกฝน หรือเทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ที่ยังไม่ตอบสนองต่อการเรียนรู้ของนักเรียนบางกลุ่ม งานวิจัยครั้งต่อไปจึงควรเน้นการพัฒนาเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่เจาะจงกับองค์ประกอบที่ยังเป็นจุดอ่อน หรือใช้เทคนิคการเสริมต่อการเรียนรู้ที่แตกต่างตามระดับผู้เรียน เพื่อให้การเสริมสร้างองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มมีวิธีคิดและแนวทางในการสร้างคำอธิบายที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะกลุ่มที่มีความสามารถระดับควรปรับปรุง ซึ่งต้องการการสนับสนุนการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงมากกว่า งานวิจัยในครั้งต่อไปควรดำเนินการในลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน หรือกรณีศึกษา เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง และออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยเฉพาะในบริบทของโรงเรียนหรือห้องเรียนจริง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จิรภัทร ศรีระอุดม และ กัญญารัตน์ โคจร. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ EIMA ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 17(1), 44-54. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/rmuj/article/view/264321/177661>

- วันวิสาข์ รักงาม และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้าง
คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้
แบบใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 34(2), 52-65. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/view/172624/167147>
- สิริพงศ์ แพทย์วงศ์, เอกภูมิ จันทระขันตี, และ สุศักดิ์ เชียงกา. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็น
ฐานร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ PRO ต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เสียง. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
แห่งชาติ ครั้งที่ 21* (น. 539-550). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
<https://app.gs.kku.ac.th/images/img/support/grc2020/pdfabstracts/HMO7.pdf>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตร
รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตาม
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*.
<https://scimath.org/e-books/8923/flippingbook/index.html#1>
- สุชาติ ศรีสกุล. (2565). การพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใน
บทเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัย
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 13(1), 29-41. <https://doi.org/10.14456/jstel.2022.3>

ภาษาอังกฤษ

- Ariely, M., Nazaretsky, T., & Alexandron, G. (2024). Causal-mechanical explanations in biology:
Applying automated assessment for personalized learning in the science classroom.
Journal of Research in Science Teaching, 61(8), 1858–1889. <https://doi.org/10.1002/tea.21929>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods
research* (3rd ed.). SAGE. <https://collegepublishing.sagepub.com/products/designing-and-conducting-mixed-methods-research-3-241842#:~:text=Examples%20from%20diverse%20fields%2C%20such%20as%20sociology%2C,to%20write%20up%20and%20report%20the%20results.>
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation
in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Krippendorff, K. (2019). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). SAGE.
<https://doi.org/10.4135/9781071878781>

- McNeill, K., & Krajcik, J. (2007). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78. <https://doi.org/10.1002/tea.20201>
- McNeill, K. L., Krajcik, J., (2007). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. L. Bell, & J. Gess-Newsome (Eds.), *Science as Inquiry in the Secondary Setting* (pp. 121-134). National Science Teaching Association (NSTA). https://www.researchgate.net/publication/268337844_Inquiry_and_Scientific_Explanations_Helping_Students_Use_Evidence_and_Reasoning#fullTextFileContent
- Ministry of Education, Singapore. (2013). *Science syllabus lower and upper secondary normal (technical) course*. <https://libris.nie.edu.sg/sites/default/files/science-lower-upper-secondary-2014.pdf>
- Moore, B. A., & Wright, J. (2023). Constructing written scientific explanations: A conceptual analysis supporting diverse and exceptional middle- and high-school students in developing science disciplinary literacy. *Frontiers in Education*, 8, Article 8:1305464. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1305464>
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- OECD. (2024). *PISA 2022 results (volume III): Creative minds, creative schools*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/765ee8c2-en>
- Tang, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): An exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1415-1440. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1192309>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Wannathai, P., & Pruekpramool, C. (2024). Diagram-based scientific explanation: A pilot study on learning model development for the biological science classroom. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 32(6), 66–82. <https://doi.org/10.30722/32.06.006>

- Weinlader, N. K., Kuo, E., Rottman, B. M., & Nokes-Malach, T. J. (2019). A new approach for uncovering student resources with multiple-choice questions. In Y. Cao, S. Wolf, & M. Bennett (Eds.), *Physics outside of the classroom: Teaching, learning, and cultural engagement in informal Physics environments from Physics Education Research Conference 2019 (PERC 2019)* (pp. 621–626). American Association of Physics Teachers. <https://doi.org/10.1119/perc.2019.pr.Weinlader>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>