



การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้
Development of Algebraic Reasoning of 7th Grade Student Using Open
Approach Together with Assessment for Learning

อัศรพล พรหมตรุษ*

Akkarapon Promtrud

บทคัดย่อ

การให้เหตุผลเชิงพีชคณิตมีความสำคัญต่อการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตจะมีอุปสรรคในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์น้อยกว่า การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียน (classroom research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต กลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 20 คน วิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถด้วยสถิติทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed Rank Test) วิเคราะห์พฤติกรรมและความคิดเห็นด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) วิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนสร้างข้อสรุปเชิงเหตุผลอย่างเป็นธรรมชาติ โดยมีผลต่อกระบวนการคิดวิเคราะห์มากที่สุด การให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนและประเมินผลงานทำให้นักเรียนเห็นข้อแตกต่างของวิธีการคิดซึ่งเป็นการขยายฐานความรู้ความเข้าใจจากชั้นเรียนด้วยตนเอง 3) นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการเรียนรู้ส่งผลต่อกระบวนการคิด ความเข้าใจ และการสื่อสาร อีกทั้งทำให้เกิดความรู้สึกเชิงบวกต่อการเรียนรู้ ทั้งนี้ ควรเพิ่มระยะเวลาในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง การทบทวนทั้งหมดหลังเรียนครบทุกกิจกรรม และการเปลี่ยนกลุ่มในแต่ละกิจกรรม รวมทั้งอาจมีกิจกรรมให้ได้เล่นสนุกร่วมกันทุกกลุ่ม

คำสำคัญ: ความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิต; วิธีการแบบเปิด; การประเมินเพื่อการเรียนรู้

*ครู, โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2, สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย

Teacher, Sawananan Wittaya 2 School, The Secondary Educational Service Area Office Sukhothai



Abstract

Algebraic reasoning is important for developing mathematical reasoning. Students who are better at algebraic reasoning have fewer barriers to learning mathematics. This research is classroom research. The objectives were to study the effect of using open approach together with assessment for learning on algebraic reasoning ability. The target group was a group of 20 students who were studying in 7th grade enrolled in the 2nd semester of 2023 academic year at Sawanananwittaya 2 School. Ability comparisons were analyzed using Wilcoxon test statistics, behavior and opinions were analyzed using content analysis.

The results showed that: 1) algebraic reasoning, as the post-learning result was significantly higher than before the experiment at the .05 level of significance, 2) The open approach encourages students to naturally draw logical conclusions. It has the greatest impact on the analytical thinking process. Allowing students to discuss, exchange and evaluate their work allows students to see differences in thinking methods, which expands their knowledge base and understanding from the self-learning stage, and 3) Students are of the opinion that learning activities affect their thinking, understanding, and communication processes. It also creates positive feelings towards learning. In this regard, the time in the self-learning stage should be increased. All reviews after all activities have been completed. and changing groups in each activity There may also be activities for all groups to have fun together.

Keywords: Algebraic reasoning ability; Open approach; Assessment for learning

บทนำ

การให้เหตุผลเชิงพีชคณิต (algebraic reasoning) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Blanton, M., & Kaput, J.J., 2011; Cañadas, M.C., Brizuela, B.M., & Blanton, M., 2016) โดย Carpenter & Levi (2000) สนับสนุนแนวทางการพัฒนาการให้เหตุผลทางพีชคณิตในระดับประถมศึกษาเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการปฏิรูปการสอนคณิตศาสตร์ในทำนองเดียวกัน Kieran (1992) ชี้ว่าการแนะนำการให้เหตุผลทางพีชคณิตตั้งแต่เริ่มต้น เป็นการให้โอกาสนักเรียนทุกคนมากขึ้นในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในภายหลัง ทั้งยังสนับสนุนการเปลี่ยนไปสู่พีชคณิตที่เป็นทางการในระดับมัธยมศึกษา ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตแก่นักเรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ทางด้านพีชคณิตให้บรรลุความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ



นักการศึกษาและงานวิจัยต่าง ๆ ได้กล่าวถึงความหมายของการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต สามารถสรุปได้ว่าการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตเป็นลักษณะหนึ่งของการคิดทางพีชคณิต (algebraic thinking) โดยการคิดเชิงพีชคณิตนั้นเป็นการกระทำในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์ทางคณิตศาสตร์ให้เป็นนัยทั่วไป (generalization) ซึ่งการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตเป็นการกระทำในการให้เป็นนัยทั่วไปดังกล่าวผ่านการแสดงข้อโต้แย้งหรือการแสดงด้วยเหตุผล กล่าวได้ว่า การให้เหตุผลเชิงพีชคณิตเป็นลักษณะหนึ่งของการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาทางพีชคณิต โดยทักษะหลักของการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต จะมุ่งเน้นคือ การให้เหตุผลที่ยึดรูปแบบของความเป็นกรณีทั่วไป และการใช้สัญลักษณ์แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล (Yackel, 1997; Carpenter & Levi, 2000; Blanton & Kaput, 2000; Lins & Kaput, 2004; Blanton & Kaput, 2005; Kaput, Blanton & Moreno, 2008; Aisling Twohill, 2013; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; โสจิวัจน์ เสริฐศรี, 2553; พิมพ์ลักษณ์ มุลโพธิ์, 2560) ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยพิจารณาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต 3 ด้าน ได้แก่ 1) การอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์ 2) การแสดงข้อสรุป และ 3) การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552)

ด้วยเหตุความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตจากประสบการณ์ของผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตจะมีผลการเรียนทางด้านคณิตศาสตร์ที่ดีกว่าโดยเฉพาะในกลุ่มเนื้อหาทางด้านพีชคณิต อีกทั้งยังพบอุปสรรคในการเรียนรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่น้อยกว่าอีกด้วย เนื่องจากโรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็ก และมักพบความท้าทายด้านพื้นฐานในการเรียนรู้พีชคณิตของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นอย่างมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาความสามารถดังกล่าวในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อันเป็นการเสริมสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่ง ซึ่งจากผลการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของผู้วิจัยพบว่า ในการพัฒนาชั้นเรียนโดยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจในทศน์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น (อัครพล พรหมตรุษ, 2565) และจากการพัฒนาวิธีการสอนโดยนำแนวคิดของวิธีการแบบเปิดมารวมกับหลักการในการประเมินเพื่อการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อีกทั้งนักเรียนยังให้ข้อคิดเห็นอีกว่า กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจภายใน เรียนรู้การทำงานเป็นทีม เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ เกิดการพัฒนาตนเอง และความรู้พื้นฐานและเจตคติมีผลต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ (อัครพล พรหมตรุษ และสายฝน วิบูลรังสรรค์, 2566) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจใช้แนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต โดยการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยในชั้นเรียน (classroom research) ของผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนเพื่อมุ่งเน้นอธิบายปรากฏการณ์และแก้ปัญหาในชั้นเรียนของผู้วิจัยเอง ทั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ข้อค้นพบในชั้นเรียนจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นหนึ่งในกรณีศึกษาในการนำไปปรับใช้ในการพัฒนาชั้นเรียนอื่น ๆ ได้ต่อไป



วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย ได้แก่

- 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
- 2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
- 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

สมมติฐานการวิจัย

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน

การทบทวนวรรณกรรม

การให้เหตุผลเชิงพีชคณิต (algebraic reasoning) เป็นลักษณะหนึ่งของการคิดทางพีชคณิต (algebraic thinking) ซึ่งการคิดเชิงพีชคณิตนั้น เป็นการกระทำในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์ทางคณิตศาสตร์ให้เป็นนัยทั่วไป (generalization) โดยการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตเป็นการกระทำในการให้เป็นนัยทั่วไปดังกล่าวผ่านการแสดงข้อโต้แย้งหรือการแสดงด้วยเหตุผล กล่าวได้ว่า การให้เหตุผลเชิงพีชคณิตเป็นลักษณะหนึ่งของการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาทางพีชคณิต โดยทักษะหลักของการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตจะมุ่งเน้นคือ การให้เหตุผลที่ยึดรูปแบบของความเป็นกรณีทั่วไปและการใช้สัญลักษณ์แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล (Yackel, 1997; Carpenter & Levi, 2000; Blanton & Kaput, 2000; Lins & Kaput, 2004; Blanton & Kaput, 2005; Kaput, Blanton & Moreno, 2008; Aisling Twohill, 2013; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; โคจิวัจน์ เสริฐศรี, 2553; พิมพ์ลักษณ์ มูลโพธิ์, 2560) โดยในการวิจัยนี้ จะพิจารณาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต 3 ด้าน ได้แก่ 1) การอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์ 2) การแสดงข้อสรุป และ 3) การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552)

กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (open approach together with assessment for Learning: OA-AfL) หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการสะท้อนการเรียนรู้ตนเองเพื่อสร้างเสริมองค์ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะผ่านมวลประสบการณ์จากการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนใช้มวลประสบการณ์



ของตนเองประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะแก้ไขสถานการณ์ปัญหาอย่างไม่จำกัดกรอบความคิด และอาศัยหลักการของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่มุ่งสะท้อนสารสนเทศให้กับนักเรียนเพื่อนำไปสู่การปรับปรุง พัฒนาตนเองให้สามารถบรรลุความสำเร็จในการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (อัครพล พรหมตรุษ, 2566) รายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ครูใช้ยุทธวิธีเสริมสร้างแรงจูงใจ และส่งเสริมให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ โดยแจ้งเป้าหมายการเรียนรู้หรือสิ่งที่คาดหวังให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้หรือปฏิบัติได้ในคาบเรียนอย่างชัดเจน ซึ่งครูสามารถตรวจสอบความเข้าใจในเป้าหมายนั้น โดยการกำหนดคำสำคัญที่แสดงเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยภาษาที่ผู้เรียนเข้าใจง่าย โดยในคาบแรกของการจัดการเรียนรู้ครูจะนำเสนอเกณฑ์รูปрикของการปฏิบัติกิจกรรมให้นักเรียนทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยแต่ละกลุ่ม จะได้รับสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันหรือเหมือนกัน ซึ่งสถานการณ์ที่นำมาครูจะต้องวิเคราะห์ถึง ความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกโจทย์จากแบบฝึกหัด ในแบบเรียนหรือคู่มือต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความหลากหลายของปัญหาที่นำมาเสนอ และอาศัยการใช้คำถาม ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมเป้าหมายจากการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้น

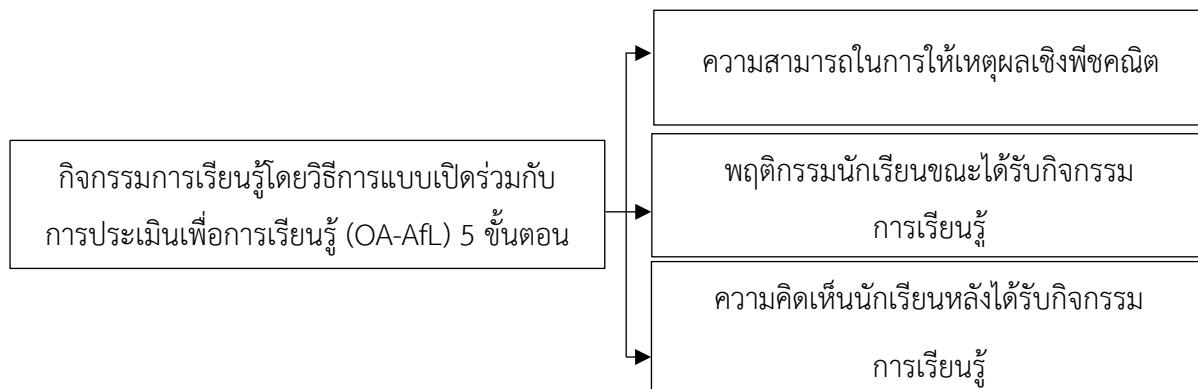
ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ระยะเวลาเผชิญกับ สถานการณ์ปัญหาวงกลมประสบการณ์ของตนเอง โดยนักเรียนจะทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาแล้วใช้ กระบวนการเรียนรู้ในแบบของตนเองและจากการแลกเปลี่ยนภายในกลุ่มจนเป็นข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงาน ของนักเรียนที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหาตามเกณฑ์รูปริกที่กำหนด และสรุปคะแนนแยกตามประเด็น สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาของนักเรียน ซึ่งครูอาจมีการใช้ คำถามกระตุ้นความคิดในประเด็นที่มีความน่าสนใจให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายแนวคิดหรือประเด็น ความรู้ของนักเรียนเพิ่มเติมได้

ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ใช้ในการแก้ สถานการณ์ปัญหา กลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา และสะท้อนผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียน ทราบจุดเด่น จุดด้อย และแนวทางที่จะพัฒนาหรือปรับปรุงเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายการเรียนรู้



กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียน (classroom research) มุ่งเน้นอธิบายปรากฏการณ์และแก้ปัญหาในชั้นเรียนของผู้วิจัยเอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 5 แผน ดังตารางที่ 1 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิต เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ และ 3) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

เนื้อหา	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	แผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
สมการ เชิงเส้น ตัวแปรเดียว	ค 1.3 ม.1/1	ประเมินการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตก่อนเรียน	1
		แผนที่ 1 ค่าของนิพจน์พีชคณิต	2
		แผนที่ 2 จัดรูปนิพจน์ในรูปอย่างง่าย	3
		แผนที่ 3 สื่อสารด้วยภาษาพีชคณิต	3
		แผนที่ 4 การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	5
		แผนที่ 5 การแก้ปัญหด้วยสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	4
		ประเมินการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตหลังเรียน	1
	รวม	5 แผน	19



แบบแผนการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ โดยทำการวิพากษ์ในชั้นเรียนร่วมกับอาจารย์ประจำรายวิชาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนครู
2. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยดำเนินการด้วยตนเอง สำหรับการให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตในเนื้อหาที่มีความใกล้เคียงกันตามแนวทางของ พรณทิพา พรหมรักษ์ (2552) ดังนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิต

ระดับคะแนน/ ความหมาย	ด้าน	คำอธิบาย
4 / ดีมาก	การอธิบาย การวิเคราะห์ และ การหาค่าความสัมพันธ์	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง และแสดงเหตุผลได้สมบูรณ์ มีการอธิบายอย่างสมเหตุสมผล มีการแสดง ความสัมพันธ์และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ทั้งหมด
	การแสดงข้อสรุปของข้อมูล	นักเรียนสร้างข้อสรุปของข้อมูลได้ถูกต้อง
	การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง มีการอธิบาย เพื่อยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปได้สมบูรณ์
3 / ดี	การอธิบาย การวิเคราะห์ และ การหาค่าความสัมพันธ์	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง และแสดงเหตุผล ได้เกือบสมบูรณ์ มีการแสดงความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ทั้งหมด
	การแสดงข้อสรุปของข้อมูล	นักเรียนสร้างข้อสรุปของข้อมูลได้เกือบสมบูรณ์
	การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง มีการอธิบาย เพื่อยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปได้เกือบสมบูรณ์ และค่อนข้างชัดเจน
2 / พอใช้	การอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาค่าความสัมพันธ์	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง และแสดงเหตุ ที่สอดคล้องกับข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน มีการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลกำกับ
	การแสดงข้อสรุปของข้อมูล	นักเรียนสร้างข้อสรุปของข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน



ระดับคะแนน/ ความหมาย	ด้าน	คำอธิบาย
1 / ต้องปรับปรุง	การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง มีการอธิบายเพื่อยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปได้เกือบสมบูรณ์ ได้ถูกต้องบางส่วน
	การอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์	นักเรียนตอบคำถามถูกต้อง และแสดงเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อมูลได้ถูกต้องเพียงเล็กน้อย โดยมีการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลกำกับ
	การแสดงข้อสรุปของข้อมูล	นักเรียนสร้างข้อสรุปของข้อมูลได้ถูกต้องเพียงเล็กน้อย
	การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป	นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่การอธิบายเพื่อยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปยังไม่ชัดเจน หรือสอดคล้องกับข้อมูลเพียงเล็กน้อย
0 / ไม่พยายาม	การอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามถูกต้อง แต่ไม่มี การแสดงเหตุผลใด ๆ หรือการแสดงเหตุผลนั้นผิด
	การแสดงข้อสรุปของข้อมูล	นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อสรุปของข้อมูลได้ หรือข้อสรุปที่สร้างขึ้นไม่ถูกต้อง
	การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป	นักเรียนไม่ตอบคำถามได้ถูกต้อง หรือตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่มีการแสดงเหตุผลใด ๆ เพื่อยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปที่ได้ หรือแสดงเหตุผลนั้นผิด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed Rank Test) เนื่องด้วยทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นด้วยสถิติ Shapiro-Wilk พบว่า ไม่แจกแจงแบบปกติ (Sig.<.05)

2) การวิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ และความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)



ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

1) ผลการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตก่อนและหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน ผลปรากฏว่าความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยด้านการอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ = 5.80, SD = 2.19) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตระหว่างก่อนและหลัง (N=20)

การให้เหตุผลเชิงพีชคณิต	ก่อนเรียน		หลังเรียน		Wilcoxon	Sig.
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
1. การอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์	1.22	1.29	5.80	2.19	3.90*	0.00
2. การแสดงข้อสรุปของข้อมูล	0.32	0.83	4.45	1.93	3.91*	0.00
3. การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป	0.36	0.83	4.15	2.01	3.94*	0.00
รวม	0.63	0.99	4.80	2.04	3.89*	0.00

หมายเหตุ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากการบันทึกพรรณนาของผู้วิจัยในการดำเนินการทดลองกิจกรรม ผลปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นการสอน	พฤติกรรมของนักเรียน
ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้	การใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้สามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของชั้นเรียนได้ อีกทั้งยังชี้ให้นักเรียนร่วมชั้นเห็นประเด็นแปลกใหม่ ซึ่งการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามต่อยอดหรือสร้างข้อสงสัยโดยครูผู้สอนให้ความสำคัญกับคำถามของนักเรียนจะทำให้นักเรียนรักและชอบในการถามคำถามในบทเรียน ดังที่บทสนทนาตอนหนึ่งที่ผู้วิจัยทบทวนบทเรียนในการหาค่าของนิพจน์ โดยยกตัวอย่างนิพจน์ขึ้น ได้แก่ $3a + 12$ ตัวอย่างบทสนทนาตอนหนึ่งดังนี้ ครู : “อ๊ะ เราให้ a เป็นไรต่อดีครับ” นักเรียน : “เก้า.....เก้าเอ๋ม”

ชั้นการสอน	พฤติกรรมของนักเรียน
	ครู : “เก้าอี้ใหม่” (เสียงนักเรียนพูดแทรก...เก้าอี้ม) ครู : “อ้อ โอเค เก้าอี้ม ถ้าแทน a ด้วย 9m ค่าของนิพจน์จะเป็นอย่างไรนะ เป็นคำถามที่ดีมาก น่าสนใจ ๆ” โดยสังเกตพบว่า นักเรียนแนวคิด 2 แบบ แบบที่ 1) ค่าของนิพจน์คือ $3a(9m) + 12$ แบบที่ 2) ค่าของนิพจน์คือ $3(9m)+12$ ซึ่งแนวคิดของนักเรียน แบบที่ 2 ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนใช้เหตุผลเชิงพีชคณิตมองตัวแปร a ไม่ใช่แค่ตัวอักษร แต่เป็นค่าใด ๆ ก็ได้ที่สามารถแปรเปลี่ยนไปได้ นอกจากนี้ นักเรียนมีแนวโน้มพฤติกรรมในการถามคำถามในชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง เมื่อครูไม่เมินเฉยและชี้ว่าคำถามของเขาเปิดมุมมองของเพื่อนมากยิ่งขึ้น
ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอปัญหา	นักเรียนมีพฤติกรรมตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหาด้วยการพูดคุยภายในกลุ่ม เพื่อทำความเข้าใจและปรึกษาแนวทางในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา โดยครูจะต้องตรวจสอบความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาโดยใช้การถามคำถาม ดังความตอนหนึ่งในขณะที่ผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหา พบว่า นักเรียนมีการพูดคุย เช่น “เราจะเลือกตัวแปรอะไรดี” บางกลุ่มทำหน้าที่ไม่เข้าใจบ้างก่อนจะพูดคุยปรึกษาทำความเข้าใจความหมายของสถานการณ์ปัญหาภายในกลุ่ม เมื่อครูมีการใช้คำถามทวนสิ่งที่ปัญหาต้องการเพื่อตรวจสอบความเข้าใจปัญหานักเรียนก็สามารถตอบสิ่งที่กลุ่มต้องทำได้ นอกจากนี้ ยังส่งผลให้ทุกกลุ่มมีความเข้าใจในคำสั่งที่ตรงกันอีกด้วย
ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	นักเรียนใช้สร้างกระบวนการเรียนรู้ภายในกลุ่มโดยใช้วิธีการพูดคุยแลกเปลี่ยนวิธีการคิดซึ่งกันและกัน ถกเถียงโต้แย้งวิธีคิด ซึ่งพบรูปแบบ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ต่างคนต่างคิดแล้วมาเช็คคำตอบและวิธีการคิดว่าเหมือนกันหรือต่างกัน โดยมีการพูดคุยว่าคิดอย่างไรเหมือนกันหรือต่างกัน และ 2) ช่วยกันระดมความคิดไปด้วยกันตั้งแต่แรกเมื่อพบประเด็นปัญหาบางจุดจะแยกคิด
 	
ภาพที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนภายในกลุ่ม จากภาพที่ 2 ภาพด้านซ้ายมือนักเรียนแยกกันคิดแล้วมาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ภาพด้านขวามือ นักเรียนช่วยกันระดมความคิดไปด้วยกันตั้งแต่แรก	

ชั้นการสอน	พฤติกรรมของนักเรียน
ชั้นที่ 4 ชั้นอภิปราย/ ขยายแนวคิดและ ประเมินผลงาน ในชั้นเรียน	การให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันส่งผลให้นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบความเหมือน/ความต่างของแนวคิดระหว่างกลุ่มของตนเองกับกลุ่มของเพื่อน ๆ ดังบทสนทนาตอนหนึ่งที่พบ อาทิ “เออ ๆ กลุ่มนี้เหมือนของเราเลย” “เฮ้ย ทำไมกลุ่มนั้นคิดแบบนี้” “เราทำถูกหรือเปล่า” นอกจากนี้ การอภิปรายกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต ดังบทสนทนาตอนหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงการใช้สมบัติในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างสมเหตุสมผลและน่าสนใจ เช่น นักเรียนสนทนาถึงวิธีการแก้สมการ $5x+6 = 11$ ว่า “เราทำ 6 ให้หายก่อน แล้วมันจะเหลือ $5x$ ใช่ไหม แล้วทีนี้ก็จะให้ 5 หายอะ มันก็มันที่เราทำก่อนหน้าเลย” ทั้งนี้ หากนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนก่อนหน้าครูผู้สอนสามารถบ่งชี้ได้จากกระบวนการนี้ โดยนักเรียนจะแสดงหรืออธิบายกระบวนการคิดออกมาอย่างไม่สมเหตุสมผล เช่น “เอา 5 มาบวก 6 มันจะเป็น 11 แล้วมันจะเหมือนก่อนหน้า” บทสนทนานี้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีมีขั้นตอนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่างเลข 5 กับตัวแปร x



ภาพที่ 3 นักเรียนนำเสนอแนวคิดของตนเอง

การให้นักเรียนประเมินผลงานเป็นการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล อีกทั้งกระตุ้นให้นักเรียนกล้าที่จะเปิดความคิดในมุมมองของตนเอง ดังบทสนทนาตอนหนึ่งที่นักเรียนสอบถามแนวคิดเพื่อนเพื่อประเมินผลงานหรือประเมินวิธีคิดแล้วนักเรียน 2 คนในกลุ่มอธิบายชี้แจง

นักเรียนคนที่ 1: “ $12(9-x)$ แจกแจง ๆ”

นักเรียนคนที่ 2: “เปลี่ยนหมู่ ๆ”

โดยนักเรียนถกเถียงจนได้ข้อสรุปที่ตรงกัน

นักเรียนคนที่ 3: “เหตุผลโอเคนะ รับผิดชอบ”

ข้อสังเกตจากบทสนทนาดังกล่าว บ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนให้เหตุผลที่เป็นนัยทั่วไปมากกว่าการคิดเลขหรือมองความสัมพันธ์ของตัวเลขกับตัวแปร จึงกล่าวได้ว่า นักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงพีชคณิต



ชั้นการสอน	พฤติกรรมของนักเรียน
ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและสะท้อนการเรียนรู้	การสรุปหลังจากจบกิจกรรมขั้นที่ 4 ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดของสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งการใช้คำถามจะช่วยให้นักเรียนสรุปได้ตรงประเด็นมากขึ้น ดังที่ ครูตั้งคำถามให้นักเรียนช่วยกันตอบว่า เราจะมีการจัดรูปนิพจน์อย่างไร นักเรียนช่วยกันตอบได้ว่า ใช้สมบัติของจำนวน ครูถามเราจัดรูปนิพจน์พีชคณิตไปทำไม นักเรียนก็สามารถช่วยกันตอบได้ว่า ทำให้การคำนวณง่ายขึ้น การสะท้อนการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถระบุจุดอ่อนของกลุ่มตนเองที่จะนำไปพัฒนาปรับปรุงในกิจกรรมต่อไปได้ ดังที่ กลุ่มที่ 1 เขียนว่า สิ่งที่ต้องปรับปรุง การออกเสียงให้ชัดเจน การอธิบายให้ชัดเจน รู้สึกร้อยกกับกิจกรรมแรก สนุกและปวดหัวไปพร้อม ๆ กัน กลุ่มที่ 2 เขียนว่า สิ่งที่ต้องปรับปรุง 1) การพูด 2) วิธีคิด 3) การวิเคราะห์โจทย์ 4) ความสามัคคี 5) ความที่ต้องช่วยกันทำงานกลุ่ม 6) สรุปข้อมูล 7) การตอบคำถาม กลุ่มที่ 3 เขียนข้อปรับปรุงได้แก่ มีความสามัคคี ช่วยกันคิดให้มากกว่าเดิม ให้มีส่วนร่วมในทุกกิจกรรม กลุ่มที่ 4 เขียนว่าสิ่งที่ควรปรับปรุง : 1) สามัคคี 2) ในระยะเวลาที่ทำ ทุกคนต้องมีความเข้าใจในโจทย์จะได้ช่วยกัน และกลุ่มที่ 5 เขียนว่าต้องปรับปรุง 1) สามัคคีให้มากกว่านี้นิดหนึ่ง 2) ต้องระดมความคิดให้มากกว่านี้ อย่างไรก็ตาม นักเรียนมักจะระบุสิ่งที่ต้องพัฒนาในเชิงกระบวนการทำงานระหว่างกันมากกว่าเนื้อหาความรู้หรือทักษะความสามารถในเนื้อหาความรู้

3. ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามสามารถด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) สรุปประเด็นข้อคิดเห็นได้ดังนี้

1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียน กระบวนการคิด การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสาร

2) กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ส่งผลต่อให้เกิดความรู้สึก เชิงบวกและพัฒนาความสามารถต่าง ๆ ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การเรียนรู้การทำงานร่วมกัน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยทั้งนี้พบสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ คือ การต่อเนื่องในการเรียนรู้

3) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยเพิ่มระยะเวลาในชั้นการเรียนรู้ ด้วยตนเอง การทบทวนทั้งหมดหลังเรียนครบกิจกรรม และการเปลี่ยนกลุ่มในแต่ละกิจกรรม รวมทั้งอาจมี กิจกรรมให้ได้เล่นสนุกร่วมกันทุกกลุ่ม



อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1) ความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดช่วยให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งเหตุผลกับสถานการณ์ปัญหา โดยนำมวลประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ตนมีมาตอบสนองอย่างเป็นธรรมชาติ ซึ่งขณะที่เกิดการตอบสนองต่อสถานการณ์หนึ่ง ๆ นักเรียนย่อมเกิดความขัดแย้งบางประการทางความคิดโดยความขัดแย้งนี้จะถูกขจัดให้หายไปเมื่อนักเรียนยอมรับความสมเหตุสมผลของการกระทำที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา อีกทั้งการประเมินเพื่อการเรียนรู้ช่วยสนับสนุนให้เกิดการกำกับตนเองในการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุสู่เป้าหมายสอดคล้องกับผลวิจัยของ ชนกนันท์ จันทรอร่าม และอังคณา อ่อนธานี (2561) ที่ได้พัฒนามากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผลพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด พบว่า นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ของตนเอง นำมาประกอบการพิจารณาปัญหาปลายเปิด มีการแสดงแนวคิดอย่างมีเหตุผล สามารถเชื่อมโยงเหตุและผล นำไปสู่ข้อสรุปอย่างเป็นลำดับขั้นตอน นอกจากนี้ จากผลการวิจัยของ สุชีรา จันครา, บุญเรียง ขจรศิลป์, และชานนท์ จันทรา (2561) ได้ทำการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ GPAS และการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ผลวิจัยพบว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสูงขึ้น ซึ่งอธิบายว่าการสะท้อนข้อมูลจากการประเมินไปยังนักเรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ ทำให้นักเรียนได้ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์กับตัวเองในการนำข้อมูลต่าง ๆ ไปปรับปรุงแก้ไขการทำงานของนักเรียนได้ดีขึ้น

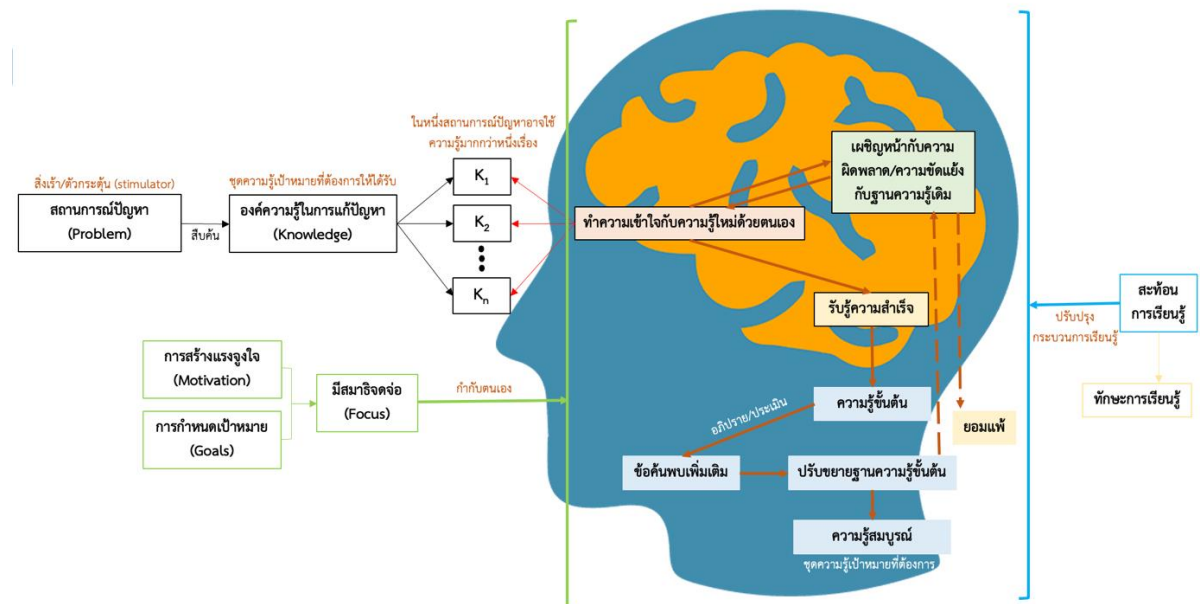
2) วิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนสร้างข้อสรุปเชิงเหตุผลอย่างเป็นธรรมชาติ โดยมีผลต่อกระบวนการคิดวิเคราะห์มากที่สุด การให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนและประเมินผลงานทำให้นักเรียนเห็นข้อแตกต่างของวิธีการคิดซึ่งเป็นการขยายฐานความรู้ความเข้าใจจากชั้นเรียนรู้ด้วยตนเอง ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนใช้มวลประสบการณ์ของตนเองประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะแก้ไขสถานการณ์ปัญหาอย่างไม่จำกัดกรอบความคิด ทำให้นักเรียนมีชุดประสบการณ์ในการเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง ดังที่ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2555) กล่าวว่า การเผชิญกับปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง จะช่วยให้มีประสบการณ์โดยตรงและสามารถสร้างแนวทางพื้นฐานในการแก้ปัญหาของตนเองได้ นอกจากนี้ จากการอาศัยหลักการของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเองให้สามารถบรรลุความสำเร็จตามเป้าหมายในการแก้สถานการณ์ปัญหา ดังที่ กษมา เกิดประสงค์ (2560) กล่าวว่า การกำหนดเป้าหมาย เป็นการชี้แจงถึงวิธีการวัดและเกณฑ์การประเมินผล

ให้ผู้เรียนทราบในการเริ่มการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายที่เหมาะสมในการพัฒนาตนเอง การวางแผนและประเมินความสำเร็จ เพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าในสิ่งที่เรียน

3) นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการเรียนรู้อยู่โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ส่งผลต่อกระบวนการคิด ความเข้าใจ และการสื่อสาร รวมไปถึงส่งผลต่อความรู้สึกเชิงบวกและพฤติกรรมทางการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนกนันท์ จันทร์อร่าม และอังคณา อ่อนธานี (2561) ที่ทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด จากการประเมินผลในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับความรู้สึกเชิงบวกของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีความสุขกับการได้รู้อย่างอิสระด้วยตนเอง

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยสามารถการสังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (OA-AfL) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยผ่านวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (OA-AfL)

จากภาพที่ 4 อธิบายได้ว่า เมื่อนักเรียนได้รับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งทำหน้าที่เป็นสิ่งเร้าหรือตัวกระตุ้นภายนอกอย่างมีการวางแผนต่อชุดคำถามนั้น ๆ กระบวนการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากนักเรียนสืบค้นความรู้ที่คิดว่าสามารถนำมาใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหานั้นได้ ซึ่งหากครูผู้สอนทดลองในชั้นเรียนของตนเองอย่างง่าย เช่น ให้นักเรียนหาคำตอบของ x จากสมการ $x + 8 = 4$ โดยที่ครูผู้สอนยังไม่ได้อธิบายถึงวิธีการในการหาคำตอบ (ลักษณะคำถามเช่นนี้คือ คำถามปลายเปิดแบบวิธีการเปิด) นักเรียนอาจจะตอบโดยใช้สามัญสำนึกว่า x



ต้องเป็น -4 เพราะ $-4 + 8 = 4$ หากเป็นนักเรียนที่มีทักษะทางการคำนวณที่ดี แต่หากเป็นนักเรียนที่มีทักษะทางการคำนวณที่อ่อน อาจจะเริ่มด้วยการเปิดแบบเรียนแล้วมองหาลักษณะของโจทย์ที่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์ปัญหาแล้วแก้ปัญหานั้นด้วยการเลียนแบบ หรืออาจจะศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ เช่น YouTube หรือ google เป็นต้น จะเห็นว่า การให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเองก่อนนอกจากจะส่งเสริมให้เกิดการคิดอย่างหลากหลายแล้วยังทำให้เกิดวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายอีกด้วย ทั้งนี้ ในชุดความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ อาจมีหลากหลายขึ้นอยู่กับสถานการณ์ปัญหาหรือความสามารถส่วนบุคคล (ถ้าเป็นปัญหาที่ซับซ้อนจะต้องบูรณาการความรู้ที่หลากหลาย ในทางกลับกันหากนักเรียนมีความรู้ที่ไม่เพียงพอ แม้จะเป็นความรู้ที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้วก็สามารถถูกกระตุ้นมาใช้ได้เช่นเดียวกัน เช่น จากปัญหาวัดอย่างข้างต้น เมื่อนักเรียนสืบค้นปรากฏว่า ตัวอย่างที่ศึกษามีการบวกลบจำนวนเต็ม นักเรียนที่ศึกษาก็จะต้องทำความเข้าใจ ความรู้ที่ใช้ในส่วนนี้ร่วมด้วย) ซึ่งเมื่อนักเรียนรู้ว่าความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นคืออะไร นักเรียนจะพยายามสร้างความเข้าใจต่อองค์ความรู้นั้นโดยอาจจะพบกับความผิดพลาด ล้มเหลว หรือขัดแย้งกับความรู้ ความเข้าใจเดิม นักเรียนจะต้องกำกับตนเองเพื่อจัดความขัดแย้งดังกล่าวและเมื่อสามารถจัดความขัดแย้งดังกล่าวได้จนรับรู้่วิธีการของตนมีความพึงพอใจหรือประสบความสำเร็จจะเป็นชุดความรู้ขั้นต้น แต่หากไม่สามารถจัดความขัดแย้งดังกล่าวได้นักเรียนอาจเข้ามาสู่สภาวะยอมแพ้หรือถอดใจจากการเรียนรู้ได้ เมื่อนักเรียนเข้าสู่สภาวะแวดล้อมที่ส่งเสริมให้อภิปรายรวมถึงประเมินชิ้นงาน นักเรียนจะได้รับสารสนเทศ บางอย่างหรือข้อค้นพบเพิ่มเติมจึงเกิดการปรับขยายฐานความรู้จากขั้นต้น ซึ่งกระบวนการนี้ หากนักเรียนไม่สามารถจัดความขัดแย้งทางความคิดภายในตนเองหรือปรับสมดุลระหว่างข้อค้นพบเพิ่มเติมกับชุดความรู้ ขั้นต้นได้นักเรียนอาจเข้าสู่สภาวะยอมแพ้หรือถอดใจจากการเรียนรู้ได้เช่นกัน โดยการปรับขยายฐานความรู้ ชุดความรู้ที่ได้เป็นข้อสรุปรวบยอดก็คือ ความรู้สมบูรณ์จากขั้นเรียนนั่นเอง ทั้งนี้ กระบวนการทั้งหมดนี้จะถูกกำกับด้วย แรงจูงใจและเป้าหมายที่ต้องมีความชัดเจน นอกจากนี้ การกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนการเรียนรู้ จะทำให้นักเรียนรับรู้ข้อผิดพลาดและนำไปปรับกระบวนการเรียนรู้ของตนเองซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะ การเรียนรู้

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ 1) แรงจูงใจ 2) เป้าหมายที่มีความชัดเจน 3) การเผชิญหน้ากับปัญหา 4) การได้รับข้อมูลย้อนกลับ และ 5) การสะท้อนตนเอง



สรุป

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ พบว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) วิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนสร้างข้อสรุปเชิงเหตุผลอย่างเป็นธรรมชาติ โดยมีผลต่อกระบวนการคิดวิเคราะห์มากที่สุด การให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนและประเมินผลงานทำให้นักเรียนเห็นข้อแตกต่างของวิธีการคิด ซึ่งเป็นการขยายฐานความรู้ความเข้าใจจากชั้นเรียนรู้ด้วยตนเอง 3) นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการเรียนรู้อาจมีผลต่อกระบวนการคิด ความเข้าใจ และการสื่อสาร อีกทั้งทำให้เกิดความรู้สึกเชิงบวกต่อการเรียนรู้ ทั้งนี้ ควรเพิ่มระยะเวลาในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง การทบทวนทั้งหมดหลังเรียนครบทุกกิจกรรม และการเปลี่ยนกลุ่มในแต่ละกิจกรรม รวมทั้งอาจมีกิจกรรมให้ได้เล่นสนุกร่วมกันทุกกลุ่ม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากข้อเสนอแนะของนักเรียนที่ว่า ควรเพิ่มระยะเวลาในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง การทบทวนทั้งหมดหลังเรียนครบทุกกิจกรรม และการเปลี่ยนกลุ่มในแต่ละกิจกรรม รวมทั้งอาจมีกิจกรรมให้ได้เล่นสนุกร่วมกันทุกกลุ่ม ผู้ที่นำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ควรพิจารณาระยะเวลาในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน เพิ่มการทบทวนทั้งหมดหลังเรียนครบกิจกรรม ปรับกิจกรรมให้ได้เล่นสนุกร่วมกันหรือเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาของห้องให้มีโอกาสร่วมกันคิดทำ รวมไปถึงการสลับเปลี่ยนกลุ่มในแต่ละกิจกรรม

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้มีผลต่อการอธิบาย การวิเคราะห์ และการหาความสัมพันธ์มากที่สุด ในขณะที่การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะของการคิดเชิงเหตุผลที่นักเรียนยังไม่อยู่ในระดับที่ดีพอ จึงควรวิจัยประเด็นลักษณะและกลวิธีการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียน
2. จากผลการสะท้อนการเรียนรู้ที่นักเรียนมักจะระบุสิ่งที่จะต้องพัฒนาในเชิงกระบวนการทำงานระหว่างกันมากกว่าเนื้อหาความรู้หรือทักษะความสามารถในเนื้อหาความรู้ อาจวิจัยเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการสะท้อนตนเองที่ส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการกำกับการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง
3. การได้รับข้อมูลย้อนกลับซึ่งเกิดในขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระหว่างทางในการสร้างองค์ความรู้ จึงควรพัฒนาวิธีการหรือเครื่องมือในการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนที่สอดคล้องตามความต้องการของนักเรียนมากขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- เกษมา เกิดประสงค์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(3), 2121-2137.
- ชนกันันท์ จันทรอร่าม และอังคณา อ่อนธานี. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารครูพิบูล*, 6(1), 118 – 133.
- พิมพ์ลักษณ์ มูลโพธิ์. (2560). การศึกษาการให้เหตุผลทางพีชคณิตในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- พรหมทิพา พรหมรักษ์. (2552). การพัฒนากระบวนการสอนโดยใช้กระบวนการวางนัยทั่วไปเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2555). การใช้วิธีการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนแบบ Open Approach เพื่อส่งเสริมการพัฒนาวิชาชีพครูคณิตศาสตร์แบบ Lesson Study Approach. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- โศจิวัจน์ เสริฐศรี. (2553). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเชิงสัมพันธ์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนประถมศึกษา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุชีรา จันครา, บุญเรียง ขจรศิลป์ และชานนท์ จันทรา. (2561). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ GPAS และการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดดอนเมือง (ทหารอากาศอุทิศ) สังกัดกรุงเทพมหานคร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 20(1), 196-210.
- อัศรพล พรหมตรุษ. (2565). การพัฒนาความเข้าใจนิทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด: การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน. *ศึกษาศาสตร์สารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(2), 61-75.
- _____. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. [การค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อัศรพล พรหมตรุษ และสายฝน วิบูลรังสรรค์. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารครูศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 51(4), 1/17-17/17.



- Blanton, M. & Kaput, J. (2000). Generalizing and Progressively Formalizing in third-grade Mathematics Classroom: Conversations about Even and Odd Numbers. In Fernández, M. (Ed.). Proceedings of the Twenty-Second Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. (pp. 115-119). Columbus, OH: ERIC Clearinghouse.
- _____. (2005). Characterizing a Classroom Practice that Promotes Algebraic Reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 36(5), 412-446.
- _____. (2011). Functional Thinking as a Route Into Algebra in the Elementary Grades.
- Canadas, M.C., Brizuela, B.M., & Blanton, M. (2016). Second graders articulating ideas about linear functional relationships. *The Journal of Mathematical Behavior*, 41, 87-103.
- Carpenter, T.P. & Levi, L. (2000). *Developing Conceptions of Algebraic Reasoning in the Primary Grades*. Madison, WI: National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science.
- Kaput, J. J., Blanton, M. L., & Moreno, L. (2008). Algebra from a symbolization point of view. In J. J. Kaput, D. W. Carraher & M. L. Blanton (Eds.), *Algebra in the early grades*. (pp. 19-56). New York: Lawrence Erlbaum Ass.
- Kieran, C. (1992). The learning and Teaching of School Algebra. In Grouws, D.A. (Ed.). *The Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. (pp. 390-419). New York: Macmillan.
- Lins, R. & Kaput, J. (2004). The Early Development of Algebraic Reasoning: The Current State of the field. In Stacey, K., Chick, H. & Kendal, M. (Eds.). *The Future of the Teaching and Learning of Algebra: The 12th ICMI Study*. (pp. 47-70). Dordrecht, The Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- Twohill, A. (2013). *Algebraic Reasoning in Primary School: Developing a Framework of Growth Points*. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 33(June), 55-60.
- Yackel, E. (1997). *A Foundation for Algebraic Reasoning in the Early Grades*. *Teaching Children Mathematics*, 3(February), 276-280.