



วารสารอิเล็กทรอนิกส์

ทางการศึกษา

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถ
ในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2

EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING INQUIRY
CO-OPERATION MODEL ON MATHEMATICAL REASONING AND COMMUNICATION
ABILITIES OF EIGHTH GRADE STUDENTS

นางสาวปัทมชญา เสม *

Papuschaya Sema

อาจารย์ ดร.จกมล ท้าสวน **

Jongkol Thamsuan, Ed.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบกับแบบปกติ และ 3) ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) โดยเป็นนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 34 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบและแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

* นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: papuscha.s@gmail.com

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Jongkol.T@Chula.ac.th

ISSN 1905-4491

Abstract

The purposes of this study were to 1) compare mathematical reasoning and communication abilities of students learning by using an organizing mathematics learning activities using inquiry co-operation model between before and after learning, 2) compare mathematical reasoning and communication abilities of students between experimental group and control group, and 3) study the mathematical reasoning and communication abilities of student learning by using an organizing mathematics learning activities using inquiry co-operation model. The subjects were eight grade students of Kanjanapisek Witthayalai Nakornphathom School in the second semester of the academic year 2016 by purposive sampling. There were 34 students in the experimental group and 34 students in the control group. The experimental instruments constructed by the researcher were lesson plans focusing an organizing mathematics learning activities using inquiry co-operation model and conventional plans. The instruments for data collection were mathematical reasoning ability tests and mathematical communication ability tests and the instruments for data analysis were mean, standard deviation and t-test.

The results of the study revealed that 1) the mathematical reasoning and communication abilities of students after learning by using an organizing mathematics learning activities using inquiry co-operation model were higher than those before the experiment at a .05 level of significance, 2) the mathematical reasoning and communication abilities of the students in the experimental group were higher than those of the students in control group at a .05 level of significance, and 3) the mathematical reasoning and communication abilities of student learning by using an organizing mathematics learning activities using inquiry co-operation model were developed in positive direction.

คำสำคัญ: รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ/ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์/ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

KEYWORDS: INQUIRY CO-OPERATION MODEL/ MATHEMATICAL REASONING ABILITY/ MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY

บทนำ

จุดมุ่งหมายพื้นฐานทางการศึกษา คือ การเรียนรู้เพื่อความเป็นมนุษย์ที่สามารถดำรงชีพอยู่ในโลกตามยุคสมัยได้อย่างมีคุณภาพ สำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 นั้น มีทักษะที่สำคัญ 3 ประการที่ต้องคำนึงถึง คือ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม และทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี โดยนักเรียนจะใช้ความรู้ในสาระวิชาหลักไปบูรณาการสั่งสมประสบการณ์กับทักษะต่าง ๆ โดยหนึ่งในสาระวิชาหลักเหล่านั้นคือ วิชาคณิตศาสตร์ (วิโรจน์ สารรัตนะ, 2556)

แม้ว่าคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะต่าง ๆ แต่การประเมินสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังเห็นได้จากโครงการการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (programme for international student assessment: PISA) และ

การศึกษาแนวโน้มการศึกษาวិชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ (trends in international mathematics and science study: TIMSS) เป็นต้น โดยโครงการ PISA ประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ใน 2 ส่วน คือ การประเมินเนื้อหาคณิตศาสตร์และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสมรรถนะเหล่านี้ประกอบด้วย การทำใหม่ (Reproduction) การเชื่อมโยง (Connection) และ การสะท้อนและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (Reflection and Communication) ในขณะที่โครงการ TIMSS มีการประเมินวิชาคณิตศาสตร์ด้านเนื้อหาสาระและพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความรู้/ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการบูรณาการความรู้ และการให้เหตุผล (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554) ผลการประเมินของโครงการ PISA 2012 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนมาตรฐานและร้อยละ 50 แสดงสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ไม่ถึงระดับพื้นฐาน ในส่วนผลการประเมิน TIMSS 2011 พบว่า ไทยอยู่ในอันดับที่ 28 จากทั้งหมด 45 ประเทศ รวมทั้งถูกจัดกลุ่มให้อยู่ในระดับแย่ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2556) ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังขาดหรือมีความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอ

การให้เหตุผลมีความสำคัญทั้งในการเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการดำรงชีวิตของมนุษย์ (Baroody and Coslick, 1993) การเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผลจะทำให้เด็กนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ สามารถจดจำได้ดีและยาวนานมากขึ้นกว่าเดิม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) สำหรับแนวทางของการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์นั้นควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ และสรุปแนวคิดอย่างสมเหตุสมผล และจัดกิจกรรมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการสร้างบรรยากาศการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดภายในห้องเรียน ทำให้นักเรียนคิดและตรึงตรองหาเหตุผลเพื่อพิจารณาหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยอาศัยองค์ประกอบพื้นฐานต่าง ๆ เช่น การสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม (สุรรัตน์ ภิรมย์ราช, 2555)

หลายท่านคงได้ยินคำกล่าวว่าคนที่เรียนคณิตศาสตร์เก่งมักสื่อความหมายหรือพูดให้คนอื่นเข้าใจไม่ได้ สิ่งเหล่านี้แสดงถึงปัญหาในการสื่อสาร การพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้จึงมีความจำเป็น (อัมพร ม้าคนอง, 2554) ซึ่งประโยชน์ของการสื่อสารต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจคณิตศาสตร์ ช่วยขยายความคิด ช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ช่วยเสริมสร้างให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ การสื่อสารส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ การพูดและการฟังบุคคลอื่นในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ช่วยให้ครูผู้สอนได้รับประโยชน์ในการหยั่งรู้ถึงความคิดของผู้เรียน (Mumme and Shepherd, 1993)

จากความสำคัญของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่ามีความสำคัญและช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งลักษณะการเรียนการสอนเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่เป็นปัญหาต่อการพัฒนาทักษะต่าง ๆ (กรมวิชาการ, 2544) รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ (ICM) เป็นรูปแบบการทำงานอย่างหนึ่งที่ใช้ในการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการร่วมมือระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน ผ่านการสื่อสารในรูปแบบของการใช้คำถามและการอธิบายแนวคิด เน้นให้นักเรียนทำงานแบบกลุ่มย่อยในการสืบสอบโดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด สืบค้นและหาคำตอบของปัญหา

ซึ่งครูกำหนดบริบทหรือสถานการณ์ปัญหาแล้วให้นักเรียนทำความเข้าใจบริบทหรือสถานการณ์ปัญหานั้น ร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา สะท้อนความคิดผ่านมุมมองที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาพร้อมกันแล้วเรียบเรียงวิธีการแก้ปัญหาด้วยภาษาของตนเอง ประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทหรือสถานการณ์ใหม่ที่ท้าทาย และประเมินการทำงานด้วยวิธีการที่หลากหลาย (AlrØ and Skovsmose, 2002)

จากลักษณะของรูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาและค้นพบนิเทศน์ทางคณิตศาสตร์ผ่านบริบทหรือสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจนิเทศน์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งและสามารถจดจำได้ยาวนานยิ่งขึ้น ผ่านการใช้คำถามของครูที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สืบค้นและหาคำตอบของปัญหาโดยอาศัยความร่วมมือภายในกลุ่มย่อย (Pujiastuti, Kusumah, Sumarmo and Dahlan, 2014)

รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ คือ 1. การนำเสนอประเด็นและดึงดูดความสนใจ (Getting in contact) ครูเริ่มต้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา สนับสนุนให้เกิดบรรยากาศที่ดีในการทำงาน ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจมุมมองเกี่ยวกับความรู้ในการแก้ปัญหาและมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น 2. การทำความเข้าใจปัญหา (Locating) ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตีความปัญหา อธิบาย ตรวจสอบความเป็นไปได้ ค้นหาบางสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือไม่ได้ตระหนักถึงก่อนหน้านี้ และยืนยันความคิดร่วมกัน 3. การระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Identifying) ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบในการระบุข้อมูลที่สำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ระบุความรู้ หลักการหรือขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา 4. การสนับสนุน (Advocating) นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ ตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง วิเคราะห์จุดเด่น-จุดด้อยของแนวทางการแก้ปัญหาแต่ละวิธี และหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 5. การคิดออกเสียง (Thinking aloud) นักเรียนเขียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้ร่วมกันวิเคราะห์ในองค์ประกอบที่ 4 การสนับสนุน เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงออกทางความคิด แนวคิด และความรู้สึกโดยใช้การพูดขณะดำเนินการแก้ปัญหาร่วมกัน 6. การกล่าวซ้ำ (Reformulating) นักเรียนเขียนขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาโดยใช้ภาษาของตนเอง เน้นการใช้คำถามตรวจสอบระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียนเพื่อตรวจสอบความคิดหรือความเข้าใจให้ถูกต้องตรงกัน 7. การท้าทาย (Challenging) ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบ พัฒนาความรู้หรือมุมมองที่มีอยู่อย่างจำกัด และเสริมสร้างความมั่นใจในการแก้ปัญหา ผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น 8. การประเมิน (Evaluating) นักเรียนประเมินตนเองในด้านความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ความรู้และความพึงพอใจในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมทั้งครูประเมินการทำงานของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย กระตุ้นและสนับสนุนการทำงานของนักเรียน (Pujiastuti, Kusumah, Sumarmo and Dahlan, 2014; AlrØ and Skovsmose, 2002)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ มีจุดเน้นและองค์ประกอบที่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้

เหตุผลและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบกับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบกับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ
5. เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi experimental research) แบบวัดก่อนและหลังการทดลอง (two – group pretest posttest design) ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 กระทรวงศึกษาธิการ จังหวัดสุพรรณบุรีและนครปฐม

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เลือกโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 จำนวน 2 ห้องเรียน คือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 จำนวน 34 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 จำนวน 34 คน

2. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ 14 แผน และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ 14 แผน ครอบคลุมเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส รวมทั้งสิ้น 14 คาบ

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.731 ค่าความยากเป็น 0.39 – 0.62 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.33 – 0.46

2.2.2 แบบวัดวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.627 ค่าความยากเป็น 0.42 – 0.51 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.33 – 0.56

2.2.3 แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.664 ค่าความยากเป็น 0.34 – 0.62 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.35 – 0.43

2.2.4 แบบวัดวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.622 ค่าความยากเป็น 0.39 – 0.62 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.26 – 0.48

2.2.5 ใบกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย โดยแบ่งออกเป็นการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังนี้

การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

1. ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับตัวอย่างในการวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอบก่อนการทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาแต่ละ 1 ชั่วโมง

3. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสองชนิดที่เตรียมไว้ โดยทำการทดลองสอน กลุ่มละ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง

4. เมื่อดำเนินการสอนครบ 14 แผนแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทั้งสองห้องทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียน และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาฉบับละ 1 ชั่วโมง

5. ผู้วิจัยนำแบบวัดทั้งสองฉบับมาตรวจให้คะแนน จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป ดังนี้

5.1 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ด้วยการทดสอบค่าที (t-test dependent)

5.2 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการทดสอบค่าที (t-test independent)

การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยวิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนห้องทดลอง โดยศึกษาจากร่องรอยการทำงานของนักเรียนในใบกิจกรรม และการตอบคำถามในชั้นเรียน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบขณะดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งการสังเกตพฤติกรรมเป็น 3 ช่วง คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 1 – 4, การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 5 – 9 และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 10 – 14

ผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบทอดมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{x}$	s	t	p - value
ก่อนเรียน	34	9.68	3.78	4.91	.000*
หลังเรียน	34	12.97	2.32		

*p < .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบทอดมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{x}$	s	t	p - value
ก่อนเรียน	34	5.50	2.46	15.91	.000*
หลังเรียน	34	17.76	4.19		

*p < .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	s	t	p - value
กลุ่มทดลอง	34	12.97	2.32	9.11	.000*
กลุ่มควบคุม	34	7.35	2.75		

*p < .05

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	s	t	p - value
กลุ่มทดลอง	34	17.76	4.19	3.48	.001*
กลุ่มควบคุม	34	14.65	3.11		

*p < .05

5. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบ มีพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น โดยมีพฤติกรรมหรือร่องรอยจากใบกิจกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละช่วง

อภิปรายผล

ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายผลการวิจัยตามสมมติฐานการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

การที่ผลการวิจัยออกมาเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบทอด มีความเหมาะสมในการพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยในองค์ประกอบที่ 1 การนำเสนอประเด็นและดึงดูดความสนใจ ผู้วิจัยพยายามดึงความสนใจของนักเรียน โน้มน้าวให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และองค์ประกอบที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหา ผู้วิจัยใช้คำถามให้นักเรียนอธิบายมุมมองที่มีต่อสถานการณ์ปัญหาและหาความสัมพันธ์ของข้อมูล รวมทั้งใช้คำถามเชิงสมมติ จากนั้นในองค์ประกอบที่ 3 การระบุนิยามทางคณิตศาสตร์ นักเรียนถูกกระตุ้นให้ระบุข้อมูลสำคัญ ความรู้ หลักการหรือขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา จากนั้นในองค์ประกอบที่ 4 การสนับสนุน (Advocating) นักเรียนพูดคุยกเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ วิเคราะห์จุดเด่น-จุดด้อยของแนวทางการแก้ปัญหาแต่ละวิธี และในองค์ประกอบที่ 5 การคิดออกเสียง และองค์ประกอบที่ 6 การกล่าวซ้ำ นักเรียนแก้ปัญหาร่วมกัน โดยเน้นการพูดคุยกและเขียนขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาด้วยภาษาของตนเอง รวมทั้งฝึกการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อีกครั้งในองค์ประกอบที่ 7 การท้าทาย ผ่านการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ประกอบกับในองค์ประกอบที่ 8 การประเมิน นักเรียนประเมินตนเองและผู้วิจัยประเมินนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายเพื่อสะท้อนความสามารถของนักเรียนตามสภาพจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของตนเอง สิ่งที่ต้องปรับปรุงหรือแก้ไขในการเรียนครั้งต่อไป รวมถึงส่งเสริมให้เกิดความกระตือรือร้นในการพัฒนาตนเอง

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ข้างต้นสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การฝึกให้ผู้เรียนใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ควรทำในบริบททางคณิตศาสตร์ เช่น ในขณะที่เรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์ ในขณะที่ทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ โดยอาจทำในการสอนเนื้อหาบทเรียนหรือการแก้ปัญหา ซึ่งไม่คำนึงถึงคำตอบสุดท้ายที่ถูกต้องเท่านั้น แต่ควรให้ความสำคัญกับเหตุผลว่าทำไมผู้เรียนจึงได้คำตอบเหล่านั้นและคำตอบเหล่านั้นน่าจะถูกต้องหรือผิดเพราะเหตุใด (อัมพร ม้าคอง, 2554) ผลการวิจัยข้างต้นยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Goos (2004) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบสอบเป็นวิธีการที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการหาข้อสรุปและการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิชาณิกา เพชรสังข์ (2556) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนได้สำรวจ สืบค้น เพื่อนำข้อมูลต่างๆ ไปแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาและใช้ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

2. จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

การที่ผลออกวิจัยออกมาเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมีความเหมาะสมในการพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยองค์ประกอบที่ 1 การนำเสนอประเด็นและดึงดูดความสนใจ นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศที่ดีในการทำงาน และในองค์ประกอบที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหา และองค์ประกอบที่ 3 การระบุนิยามทางคณิตศาสตร์ นักเรียนระบุนิยามความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยอาศัยตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ จากนั้นระบุนิยาม หลักการหรือขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา และในองค์ประกอบที่ 4 การสนับสนุน และองค์ประกอบที่ 5 การคิดออกเสียง นักเรียนแต่ละกลุ่มหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และแก้ปัญหาร่วมกันโดยเน้นการพูดขณะดำเนินการแก้ปัญหา จากนั้นในองค์ประกอบที่ 6 การกล่าวซ้ำ (ผู้วิจัยกระตุ้นให้นักเรียนเขียนวิธีในการแก้ปัญหาด้วยภาษาของตนเอง รวมทั้งตรวจสอบความคิดหรือความเข้าใจระหว่างผู้วิจัยกับนักเรียนและนักเรียนด้วยกันเองให้ถูกต้องตรงกันเพื่อให้วิธีการแก้ปัญหาที่ได้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และการที่นักเรียนได้แก้ปัญหาลำดับขั้นตอนใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในองค์ประกอบที่ 7 การท้าทาย นักเรียนได้ฝึกใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง และเห็นตัวอย่างการใช้ตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับบริบทได้ดียิ่งขึ้น และสามารถเรียบเรียงกระบวนการคิดของตนเองเพื่อเขียนนำเสนอได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน จากนั้นในองค์ประกอบที่ 8 การประเมิน นักเรียนจะได้ประเมินตนเองและผู้วิจัยประเมินนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย ส่งผลให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสามารถของตนเอง รวมถึงผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมจุดเด่นและพัฒนาจุดที่ยังบกพร่อง เพื่อให้ นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ข้างต้นสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ ชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผล และชวนเชื่อให้บุคคลอื่นให้เห็นด้วย ซึ่งการพูด การฟัง การอ่าน การเขียนและแสดงแนวคิดในลักษณะต่าง ๆ เป็นกุญแจสำคัญในการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสาร (NCTM, 1989) อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ธัญพิมล จันทน์นุ้ม (2558) ที่ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหา สะท้อนความคิด เปรียบเทียบและหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม สรุปและสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ และแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือบริบทปัญหาใหม่ที่ท้าทาย ทำให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนพัฒนามากขึ้น

3. จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

ในช่วงแรก นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพฤติกรรมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยสามารถแบ่งพฤติกรรมที่พบออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ตอบคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น หรือให้เหตุผลประกอบได้แต่ไม่สมเหตุสมผล และอีกประการหนึ่ง คือ ไม่มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม

ในช่วงกลาง นักเรียนกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ไม่สามารถแสดงเหตุผลประกอบที่มาของคำตอบได้หรือเหตุผลไม่มีความสมเหตุสมผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้วิธีการถาม-ตอบ ประกอบการอธิบายเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียนให้สมบูรณ์และสมเหตุสมผลมากขึ้น ทั้งนี้พบว่าในช่วงหลังนักเรียนบางส่วนกล้าแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียนมากยิ่งขึ้น ช่วยเหลือกันในการตอบคำถามและแสดงเหตุผลประกอบ อย่างไรก็ตามเหตุผลบางส่วนยังคงไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ใช่เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ขณะที่นักเรียนส่วนหนึ่งยังคงไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเนื่องจากกลัวว่าคำตอบจะผิดและรอผู้วิจัยเฉลยเพียงอย่างเดียว

เมื่อสังเกตนักเรียนกลุ่มทดลองพบว่า มีพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบในองค์ประกอบที่ 1 การนำเสนอประเด็นและดึงดูดความสนใจ และองค์ประกอบที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหา ผู้วิจัยพยายามดึงดูดความสนใจของนักเรียนโดยให้วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา หาความสัมพันธ์ของข้อมูล และใช้คำถามเชิงสมมติโดยการเปลี่ยนเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายคำตอบ และในองค์ประกอบที่ 3 การระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนให้เหตุผลประกอบการระบุข้อมูลที่สำคัญ ความรู้ หลักการหรือขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งในองค์ประกอบที่ 4 การสนับสนุน และองค์ประกอบที่ 5 นักเรียนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และหาวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งดำเนินการแก้ปัญหา ร่วมกัน ซึ่งต้องอาศัยการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้ง จากนั้นในองค์ประกอบที่ 6 การกล่าวซ้ำ ผู้วิจัยกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนการให้เหตุผลประกอบการดำเนินการแก้ปัญหาอีกครั้งและเขียนเรียบเรียงด้วยภาษาของตนเอง รวมถึงในองค์ประกอบที่ 7 การท้าทาย นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยพยายามใช้คำถามที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นและฝึกให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบคำตอบที่นักเรียนตอบทุกครั้ง รวมทั้งสนับสนุนให้นักเรียนตั้งคำถามระหว่างกัน อีกทั้งผู้วิจัยยังสนับสนุนความคิดและให้กำลังใจนักเรียน ทุกครั้งที่นักเรียนพยายามแสดงเหตุผล ไม่ว่าจะเป็นการให้เหตุผลที่ถูกหรือผิด และในองค์ประกอบที่ 8 การประเมิน นักเรียนประเมินตนเอง รวมทั้งครูประเมินการทำงานของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย กระตุ้นสนับสนุนและชมเชยการทำงานของนักเรียนเพื่อแสดงถึงการรับรู้คุณค่าของผลงานและเสริมสร้างกำลังใจในอีกทางหนึ่ง ซึ่งในช่วงกลางของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการตอบคำถามมีจำนวนเพิ่มขึ้น สามารถหาความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น และให้เหตุผลประกอบคำตอบได้แต่ยังไม่สมเหตุสมผลเท่าที่ควร โดยในช่วงหลังของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการตอบคำถามและร่วมกันแสดงเหตุผลประกอบคำตอบเพื่อให้การเขียนแสดงวิธีทำหน้าชั้นเรียนมีความสมบูรณ์มากที่สุด อีกทั้งสามารถแสดงเหตุผลพร้อมทั้งอธิบายข้อสรุปและยืนยันข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ข้างต้นสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การจะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนควรจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกหวาดกลัว และแสดงให้เห็นว่าการให้เหตุผลเป็นสิ่งสำคัญกว่าการได้คำตอบที่ถูกต้อง เปิดโอกาสให้

นักเรียนมีอิสระในการแสดงออกถึงความคิดเห็นในการให้เหตุผลของตนเอง โดยใช้กิจกรรมที่เน้นให้เกิดการฝึกคิดและการให้เหตุผลควบคู่กันไปตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยที่ผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะ และแนะนำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในสิ่งที่ถูกต้อง (Rowan and Morrow, 1993; กุลนิตา วรสารนันท์, 2552 และ ฌีญิกานต์ รักนาค, 2552) และการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายการให้เหตุผลของตนเองกับครูและกับเพื่อนนักเรียนด้วยกันเอง จะช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อนักเรียนได้รับฟังการให้เหตุผลของเพื่อน จะเปิดโอกาสให้นักเรียนตระหนักถึงหนทางในการได้มาซึ่งคำตอบที่หลากหลาย และมีการเปรียบเทียบกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมทั้งสังสมแนวคิดในการแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหาลงในคลังความรู้ของตนเอง (Gunningham, S., 2003)

4. จากผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

ในช่วงแรก นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่ามีพฤติกรรมที่ไม่แตกต่างกันมากนักคือ นักเรียนไม่กล้าแสดงออกและไม่กล้าแสดงความคิดเห็น เนื่องจากกลัวว่าคำตอบของตนเองจะผิด นักเรียนส่วนมากจะรอเขียนวิธีทำหลังจากที่เพื่อนออกมานำเสนอแล้ว หรือหลังจากที่ผู้วิจัยได้แสดงวิธีทำให้ดูเท่านั้น จึงส่งผลให้การแสดงแนวคิดและเขียนความสัมพันธ์ของข้อมูลมีเพียงรูปแบบเดียว

ในช่วงกลาง นักเรียนกลุ่มควบคุมมีความคุ้นชินกับการรอเฉลยจากผู้วิจัยเพียงอย่างเดียว ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามเสริมแรงบวกโดยการจับกลุ่มในลักษณะเพื่อนช่วยเพื่อน และสร้างภาวะแข่งขันกันระหว่างกลุ่มย่อยเพื่อกระตุ้นผู้เรียน ในระหว่างนั้นผู้วิจัยเดินดูการทำงานของนักเรียน พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันคิดและแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น อีกแนวทางหนึ่งคือ ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาแนะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียนในแต่ละขั้นตอนจนกว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นจะสมบูรณ์ โดยในช่วงหลังพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีส่วนร่วมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และมีการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายมากขึ้นแต่ส่วนใหญ่ยังคงเป็นนักเรียนคนเดิม รวมทั้งการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อย่างไม่ถูกต้องมากนัก รวมทั้งยังขาดรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการนำเสนอเป็นส่วนมาก

เมื่อสังเกตนักเรียนกลุ่มทดลองพบว่า มีพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มากขึ้น และเห็นพัฒนาการของการเขียนแสดงวิธีทำอย่างเป็นทางการผ่านการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวแทนแนวคิดลักษณะต่าง ๆ และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบทอดในองค์ประกอบที่ 1 การนำเสนอประเด็นและดึงดูดความสนใจ ผู้วิจัยพยายามดึงดูดความสนใจของนักเรียนและเสริมสร้างบรรยากาศที่ดีในการทำงาน และในองค์ประกอบที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหา และองค์ประกอบที่ 3 การระบุนิยามทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสนับสนุนให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้ตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์และระบุนิยาม หลักการหรือขั้นตอนวิธีการทาง

คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งในองค์ประกอบที่ 4 การสนับสนุน องค์ประกอบที่ 5 การคิดออกเสียง และองค์ประกอบที่ 6 การกล่าวซ้ำ เน้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้และหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ซึ่งต้องอาศัยการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เพื่ออธิบายความคิดของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้แสดงวิธีทำร่วมกัน จากนั้นแต่ละคนจะแก้ปัญหาโดยใช้ภาษาของตนเองและร่วมกันตรวจสอบภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นการเรียบเรียงการเขียนแสดงวิธีทำให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น รวมถึงในองค์ประกอบที่ 7 การท้าทาย นักเรียนได้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และในองค์ประกอบที่ 8 การประเมิน นักเรียนได้ประเมินตนเองและเขียนข้อเสนอแนะเพื่อสะท้อนระดับความเข้าใจ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และความพึงพอใจในการทำกิจกรรม รวมทั้งผู้วิจัยประเมินการทำงานของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งผลปรากฏว่า ในช่วงกลางของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเริ่มมีการเลือกใช้ตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย และในช่วงหลังของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้ตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับบริบทของสถานการณ์ปัญหา รวมทั้งแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างลำดับขั้นตอนและมีรายละเอียดครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ข้างต้นสอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรเป็นกิจกรรมภายใต้สถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความน่าสนใจ ครูควรส่งเสริมนักเรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างเต็มที่ในลักษณะของการสืบค้น การสืบเสาะ การพรรณนาและการอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เน้นให้นักเรียนอ่าน พูดและแสดงแนวคิด เนื่องจากการคิดและการพูดเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะนำไปสู่การเขียน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน กระตุ้นให้ชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผล ชวนเชื่อให้บุคคลอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตนเอง รวมทั้งใช้ตัวแทนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายในการอธิบายความเข้าใจของตนเอง และแบ่งปันแนวทางการแก้ปัญหากับผู้อื่น (NCTM, 1989; Dacey and Eston, 2002) อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Johanning (2000: 151-160) ที่พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนอ่าน เขียน และอภิปรายความรู้หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนได้คิดไปพร้อม ๆ กัน เกิดความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่ม มีความกระตือรือร้นในการคิดและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบมี 8 องค์ประกอบ และแต่ละองค์ประกอบมีจุดเน้นและรายละเอียดค่อนข้างมาก ทำให้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลานาน ซึ่งหากสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ต่อเนื่องกันจำนวน 2 คาบ จะทำให้งิจกรรมไม่รีบเร่งมากนักและนักเรียนได้มีเวลาในการฝึกคิดและแสดงเหตุผลในการตอบคำถาม รวมทั้งอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น

2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบทอด ผู้วิจัยสามารถบูรณาการองค์ประกอบที่มีความต่อเนื่องและสามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ ซึ่งจะช่วยในการบริหารเวลาได้เพียงพอต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

3. การศึกษาพัฒนาการของนักเรียนควรเริ่มศึกษาเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปได้ระยะหนึ่งแล้ว เนื่องจากในช่วงแรกนักเรียนต้องอาศัยความรู้พื้นฐานซึ่งเป็นความรู้ใหม่ที่ยังไม่คุ้นเคยและยังไม่เข้าใจมากนัก ซึ่งอาจส่งผลให้การแสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไม่ดีเท่าที่ควร

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบทอดที่มีต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมวิชาการ. (2544). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กุลนิดา วรสารนันท์. (2552). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการอุปนัยที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/19659>
- ณัฐกานต์ รักนาค. (2552). *การพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนตามแนวคิดการถ่ายโยงการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/16335>
- ธัญพิมล จันทน์นุ้ม. (2558). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/50095>
- พีชาณิกา เพชรสังข์. (2556). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับคำถามปลายเปิดที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/43134>
- วิโรจน์ สารรัตนะ. (2556). *กระบวนการใหม่ทางการศึกษา กรณีที่คณะต่อการศึกษาศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดทิพย์วิสุทธิ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *เอกสารอบรมครู (หลักสูตรแกนกลาง). ในโครงการความร่วมมือ สกอ. - สพฐ. - สสวท.*

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2554). *คู่มือสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหาร ครู และนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการประเมินตามโครงการวิจัยนานาชาติ (PISA และ TIMSS)*. กรุงเทพมหานคร: สกศ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2556). *รายงานการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (Measure of Achievement)*. กรุงเทพมหานคร
- สุดารัตน์ ภิรมย์ราช. (2555). ผลของการใช้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/44282>
- อัมพร ม้าคนอง. (2554). *ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาต่างประเทศ

- AlrØ, H., & Skovsmose, O. (2002). *Dialogue and learning in Mathematics education*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Baroody, A. J., & Coslick, R. T. (1993). *Problem solving, reasoning, and communicating, K-8: Helping children think mathematically*. Prentice Hall.
- Dacey, L. S., & Eston, R. (2002). *Show and tell: Representing and communicating mathematical ideas in K-2 classrooms*. Sausalito, CA: Math Solutions
- Goos, M. (2004). Learning Mathematics in a Classroom Community of Inquiry. *Journal of Research in Mathematics Education*, 35(4), 258-291.
- Gunningham, S. (2003). *Thinking allowed – Thinking tools for the mathematics classroom*. Australia: Hawker Brownlow Education.
- Johanning. (2000). An analysis of writing and post writing group collaboration in middle school pre-algebra. *School science and mathematics*, 100(3), 151-160.
- Mumme, J., & Shepherd, N. (1993). Communication in Mathematics. In *Implementing the K-8, Curriculum and Evaluation Standards*. Virginia: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. NCTM.
- Pujiastuti, H., Kusumah, Y. S., Sumarmo, U., & Dahlan, J. A. (2014). Inquiry co-operation model for enhancing junior high school students' mathematical problem solving ability. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 1(1), 51-60.
- Rowan, T. E., & Morrow, L. J. (1993). *Implementing K-8 Curriculum and evaluation standard*. Reston Virginia: The Nation Council of Teachers of Mathematics.