

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษากระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาและชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้ปัญหาแบบปลายเปิด (Open-ended Problems) และการวิเคราะห์โปรโตคอล (Protocol Analysis) 2) เพื่อสร้างโมเดลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยการบูรณาการปัญหาปลายเปิดกับยุทธวิธีเมตะคือกนิชัน และ 3) เพื่อเผยแพร่โมเดลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สู่ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยกำหนดให้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 24 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 จำนวน 24 คน ในระยะแรกของการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มเป้าหมายเป็นคู่ๆ แล้วให้กลุ่มเป้าหมายทำกิจกรรมแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นปัญหาปลายเปิด โดยระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหา ครูผู้ช่วยวิจัยทำการบันทึกภาคสนามเกี่ยวกับการแก้ปัญหาดังกล่าว หลังเสร็จสิ้นการแก้ปัญหาครูผู้ช่วยวิจัยจะทำการสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคู่ทีละคนทันที โดยขณะทำการแก้ปัญหาผู้วิจัยได้ทำการบันทึกวิดีโอและบันทึกเทปตลอดการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน

ในการวิเคราะห์กระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยวิธีการวิเคราะห์โปรโตคอลนั้น ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากโปรโตคอลการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคู่ที่ได้จากการถอดคำพูดจากเทปและวิดีโอ ข้อมูลจากบันทึกภาคสนามและจากการสัมภาษณ์ รวมทั้งข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนของโรงเรียนที่เข้าร่วมการวิจัย ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลนำมาใช้ในการสร้างโมเดลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียกว่า “โมเดลการสอนเชิงเมตะคือกนิชัน” ซึ่งโมเดลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาและการสื่อสารในสถานการณ์การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในห้องเรียน องค์ประกอบหลักของโมเดลในชั้นนอกสุดคือ องค์ประกอบทางสังคมและวัฒนธรรมของชั้นเรียนแต่ละชั้นซึ่งถือเป็นบริบทที่สำคัญของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเฉพาะกิจกรรมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ องค์ประกอบชั้นถัดไปของโมเดลมี 4 องค์ประกอบได้แก่ การสอน ยุทธวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน การช่วยเหลือ และกลวิธีการสอนของครู องค์ประกอบทั้งสี่องค์ประกอบนี้ส่งผลกระทบต่อเนื่องเป็นวัฏจักรและในขณะเดียวกันก็เป็นบริบทที่ย่อยกว่าองค์ประกอบด้านสังคมและวัฒนธรรมของกิจกรรมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ องค์ประกอบสององค์ประกอบจากสี่องค์ประกอบที่กล่าวถึงนี้ คือ กลวิธีการสอนของครูและยุทธวิธี-

การแก้ปัญหาของนักเรียนยังมีองค์ประกอบย่อยด้านความเชื่อและประสบการณ์เดิมที่มีอิทธิพลต่อกัน และกัน องค์ประกอบชั้นในสุดของโมเดลมีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบได้แก่ การเจรจาต่อรอง กิจกรรมของนักเรียน การแลกเปลี่ยนความคิด และกิจกรรมการสอนของครู องค์ประกอบทั้งสี่ องค์ประกอบนี้เป็นปริบทที่ใกล้ชิดและมีอิทธิพลอย่างเห็นได้ชัดต่อกิจกรรมการแก้ปัญหาและการสื่อสารในสถานการณ์ปัญหาคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ โมเดลนี้ทำหน้าที่สองประการคือ เป็นกรอบกว้างๆ ในการกำหนดบทบาทของครูและนักเรียนในชั้นเรียน และเป็นกรอบในการวิเคราะห์ กระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในปริบทของห้องเรียน จากนั้นในระยะต่อมาของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำโมเดลดังกล่าวไปทดลองใช้ในห้องเรียนจริง และขั้นตอนสุดท้ายของการวิจัยได้มีการเผยแพร่ ผลการวิจัยรวมทั้ง โมเดลดังกล่าวแก่อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ของ โรงเรียนประถมศึกษาและ มัธยมศึกษาในเขตจังหวัดขอนแก่นจำนวน 200 คน

ผลการศึกษาพบว่า 1) การที่ผู้วิจัยใช้ปัญหาแบบปลายเปิดเป็นสถานการณ์ปัญหา และใช้การวิเคราะห์ โพรโตคอลเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยเน้น เฉพาะกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นผลให้ผู้วิจัยสามารถรู้ว่่านักเรียนคู่ใดเกิดการเรียนรู้แบบมี ความตระหนักรู้ในการคิด (Metacognition) หรือไม่มีความตระหนักรู้ในการคิดหรือรู้ว่่านักเรียนคู่ใดมีความ ตระหนักรู้ในการคิดในระหว่างการแก้ปัญหาหรือไม่ และยังพบว่าปัญหาปลายเปิดทุกปัญหาเป็น สถานการณ์ที่เหมาะสมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหามีความตระหนักรู้ในการคิด โดยปัญหาปลายเปิดแต่ละปัญหามีผลทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบมีความตระหนักรู้ในการคิดหรือไม่ มีความตระหนักรู้ในการคิดมากน้อยแตกต่างกัน ปัญหาที่ผู้เรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหามีความ ตระหนักรู้ในการคิดมากที่สุดสำหรับชั้นประถมศึกษาคือ ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่ของหนอนคืบ และ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นคือ ปัญหาเรื่องสายโทรศัพท์และแม่เหล็กติดกระดาษ ส่วนปัญหาที่ ผู้เรียนทั้งระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นเกิดกระบวนการแก้ปัญหามีความตระหนักรู้ ในการคิดน้อยที่สุดคือปัญหาเรื่องเรขาคณิต 2) ในการสร้างโมเดลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทางสังคมและวัฒนธรรมในชั้นเรียน ความเชื่อและ ประสบการณ์เดิมของครูและนักเรียน เพราะจากการศึกษาพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลต่อกลวิธีการ สอนของครูและยุทธวิธีการแก้ปัญหของผู้เรียน และ 3) คณะผู้วิจัยได้เผยแพร่ผลการวิจัยรวมทั้งโมเดล การพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนแก่อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาในเขตจังหวัดขอนแก่นจำนวน 200 คน แล้วเสร็จและประสบความสำเร็จ เป็นอย่างดีเนื่องจากครูผู้เข้าอบรมได้แสดงความคิดเห็นต่อผลการวิจัยว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นนวัตกรรม ที่สอดคล้องกับแนวคิดในการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ได้จริงและได้เสนอแนะให้ ผู้วิจัยเผยแพร่นวัตกรรมนี้ในแง่มุมอื่นได้แก่กระบวนการเรียนรู้และเทคนิคการสอนที่ใช้ปัญหา ปลายเปิด รวมทั้งวิธีการสร้างปัญหาปลายเปิดในเนื้อหาสาระอื่นของวิชาคณิตศาสตร์

The purpose of this research was threefold: 1) to investigate learning processes in school mathematics of elementary and junior highschool students using open-ended problems, 2) to construct a model for developing students' learning processes by implementing open-ended problems and metacognitive strategy, and 3) to disseminate the developed model to mathematics teachers in the Khon Kaen provincial areas.

This research used a qualitative methodology with 12 pairs of 4-6 grade students and another 12 pairs of 1-3 grade junior high school students. In the first phase, each pair of students solved each of three open-ended problems in a single day outside their classrooms. During the problem-solving session, research assistants conducted field notes related to students' important problem-solving behaviors. The research assistants then held interviews with each student in each pair respectively after problem-solving session. Audio - and video - tape recording was conducted through all sessions mentioned earlier.

The primary data to be used for protocol analysis was transcriptions of each pair of problem solving session. This data was used complementarily with data from field notes and from interview sessions, and other teaching and learning styles of participating schools. The research results from this phase have been used to construct a teaching model called "Metacognitive Instruction Model". This model shows various factors influencing students' problem-solving and communication in problematic situations in classrooms. In the outer loop of the model, social and cultural factors are considered in context to be constraint to mathematical problem-solving activities. In the middle loop of the model, teaching, students' learning strategy, facilitation, and teachers' teaching strategy influence each other factor in a circulating manner and set a more closely related context for mathematical problem-solving activities. Particularly, in the middle loop, students' and teachers' strategies have their own sub-loop comprising of beliefs and previous experiences interacting with other factors in the just mentioned loop. In the inner loop, negotiation, students' activity, sharing, and teachers' activity are four factors interacting with each other and create the most apparent context for problem-solving and communication in the problematic situations in mathematical problem-solving activity in the classroom.

The metacognitive instruction model has two roles in this research: a hypothetical framework for characterizing teachers' and students' roles, and for analysis of students' learning processes in the classroom in the following phases: 1) The model has been used in the teaching experiment in the classroom. 2) The overall research results and the model have been disseminated to 200 mathematics teachers in the elementary and secondary schools in Khon Kaen province through workshop seminars.

The research results have revealed that: 1) using open-ended problems and protocol analysis methods for analyzing students' mathematical learning processes, particularly in mathematical processes, made it possible for researchers to indicate what kind of problem-solving behaviors illustrating metacognitive mathematical problem-solving behaviors. In other words, researchers can investigate whether each pair of students could become aware of their thinking process during mathematical problem-solving activity. In addition, the research results suggests that all open-ended problems used in this research create an appropriate situation for enhancing metacognitive mathematical problem-solving behavior. However, students' metacognitive problem-solving behaviors vary from problem to problem. The most apparent open-ended problems for students to demonstrate their metacognitive behaviors are *worm's movement problem*, *telephone line*, and *magnetic problems* in the elementary and secondary schools respectively. On the other hand, students both in elementary and secondary school demonstrated less Metacognitive behaviors in the geometrical problem; 2) In constructing metacognitive instruction model, the following factors have been taken into consideration: social and cultural factors, teachers' and students' beliefs and previous experiences in mathematics classrooms; 3) The research team has successfully disseminated the research results and the developed model to approximately 200 mathematics teachers from elementary and secondary schools in Khon Kaen province. From the questionnaire survey, the participant teachers suggest that open-ended approach is a promising teaching innovation consistent with the notion of reforming the learning process in current movement. They also suggest further in-service training programs in the following issues: learning process and technique in using open-ended approach in the classroom, and how to construct open-ended problems in other content areas.