

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อการรู้ เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*

Effects Of The Integrated Open-Approach Method And Flipped Classroom Concepts On Mathematical Literacy Among Eighth Grade Students

Received: December 23, 2018

Revised: March 21, 2019

Accepted: March 25, 2019

กฤตานุ วิเศษประสิทธิ์ (Krittanu Visesprasit)**

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (Chommanad Cheausuwantavee)***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ (1) เปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้านก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน และ (2) เปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้านหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 33 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยเป็นการทดสอบก่อนเรียน 1 คาบ จัดการเรียนรู้ 12 คาบ และทดสอบหลังเรียน 1 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 14 คาบ ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One – Group Pretest – Posttest Design

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ และแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Objective Congruence) ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 มีค่าความยากง่ายรายข้อตั้งแต่ 0.31 – 0.78 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.27 – 0.58 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.76

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

This Article is Part of the Master of Education, Program in Educational Science and Learning Management, Srinakharinwirot University.

** นิสิตหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Student's Master of Education Program in Educational Science and Learning Management, Faculty of Education, Srinakharinwirot University. ,krittanu.v@m.materdei.ac.th

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Asst. Prof. Dr. Chommanad Cheausuwantavee, Faculty of Education, Srinakharinwirot University. , chomoae@hotmail.com

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติค่า t (t -test for One Sample) สำหรับการทดสอบสมมติฐานคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ และสถิติค่า t (t -test for Dependence Sample) สำหรับการทดสอบสมมติฐานคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัยพบว่า (1) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ในภาพรวม ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ และด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (2) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านทั้งภาพรวมและรายด้าน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : วิธีการแบบเปิด ห้องเรียนกลับด้าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์

Abstract

The purposes of this research were (1) to compare the mathematical literacy of students before and after being taught using the open – approach method integrated with flipped classroom concepts, and (2) to assess the mathematical literacy of students after being taught by using the open – approach method integrated with flipped classroom concepts with a criterion of 70%.

The subjects of this study were thirty-three eighth grade students in the first semester of 2018 academic year from Mater Dei School using the cluster random sampling technique and the class was also as sampling unit. The duration of the research was a pre-test for one period, twelve teaching periods, and a post-test for one period with fifty minutes in each period. A one – group pretest – posttest design was used for this study.

The instruments used in this research were lesson plans using the open – approach method integrated with flipped classroom concepts applied to the ratio, percentage and the mathematical literacy test. The index of objective congruence are 0.67 – 1.00, the difficulty index are 0.31 – 0.78, the discriminant Index are 0.27 – 0.58, and the reliability is 0.76. The data were statistically analyzed using mean, standard deviation, a t -test for one sample, and a t -test for the dependent sample.

The results of the research revealed (1) overall, mathematical literacy was formulated and interpreted after students were taught the following: using the open – approach method integrated with flipped classroom concepts were statistically higher than

before being taught at a .01 level of significance. However, the mathematical literacy was not statistically higher prior to being taught; (2) the mathematical literacy of students after being taught with the open – approach method integrated with flipped classroom concepts was not statistically higher than the criterion of 70%.

Keywords: Open – Approach Method, Flipped Classroom, Mathematical Literacy

บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความเป็นพลเมือง คือ ใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีจิตสาธารณะ มีความกระตือรือร้น (Active Citizen) ในการทำประโยชน์เพื่อส่วนรวม มีทักษะการเรียนรู้ ความรู้ความสามารถ และสมรรถนะตามมาตรฐานหลักสูตรซึ่งเป็นความรู้ขั้นพื้นฐาน (Basic Literacy) รวมถึงมีทักษะการดำรงชีวิต (Life Skill) การเรียนรู้คณิตศาสตร์ก็มีจุดมุ่งหมายที่เน้นการฝึกให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อสังคมเช่นเดียวกัน เริ่มต้นจากการฝึกกระบวนการคิดไปจนถึงการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งคำว่า “ในชีวิตประจำวัน” คณิตศาสตร์อาจจะไม่ได้ใช้ในส่วนเนื้อหาของเนื้อหาโดยตรง แต่กระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนสำคัญที่เราสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยกระบวนการแบบรูป หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังที่ อัมพร ม้าคนอง (2557, p.2) กล่าวว่า คณิตศาสตร์ในปัจจุบันมีความหมายและขอบเขตของเนื้อหามากกว่าเรื่องของตัวเลขและการคำนวณ โดยมุ่งเน้นการเชื่อมโยงความรู้ในเนื้อหามาประกอบการคิดเพื่อแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพและสมเหตุสมผล เป็นการทำงานอย่างมีระบบ มีระเบียบแบบแผนและมีขั้นตอนการคิดหรือการทำงานที่เป็นไปตามหลักวิชา ความสำเร็จของการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงอยู่ที่ความสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาได้จริง รวมถึง ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2561, p.1) ยังกล่าวว่า การศึกษาคณิตศาสตร์ไม่ได้มีประโยชน์เพียงเพื่อการคิดคำนวณ คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับมนทัศน์ มีลักษณะเป็นสากล เป็นภาษาสัญลักษณ์ กำหนดสัญลักษณ์เพื่อสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ มีความเป็นเหตุเป็นผล คณิตศาสตร์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เกี่ยวข้องกับความคิด เป็นโครงสร้างที่มีเหตุผล และมีความเป็นศิลปะ ฝึกการคิดอย่างมีระบบระเบียบ ฝึกการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2558, p.52) อธิบายว่า เราไม่อาจปฏิเสธได้ว่าเยาวชนของเราต้องการความรู้และทักษะเท่าเทียมกับเยาวชนจากที่อื่น ๆ หลักสูตรคณิตศาสตร์ในโรงเรียนไทยจึงต้องทำให้เท่าเทียมกับหลักสูตรในประเทศนานาชาติ สำหรับเรื่องนี้ TIMSS และ PISA มีกรอบโครงสร้างการประเมินคณิตศาสตร์ที่บรรจุสิ่งที่เป็นหัวใจสำคัญของคณิตศาสตร์ที่ประชาคมโลกยอมรับ เนื่องจากคณิตศาสตร์ไม่ได้ประกอบขึ้นด้วยเพียงตัวเลข กฎ สูตร โจทย์ตัวอย่าง ฯลฯ แต่เป็นที่ยอมรับว่าในการที่จะเป็นผู้รู้คณิตศาสตร์ นักเรียนต้องมีความรู้เนื้อหาสาระบนพื้นฐานที่แข็งแกร่งพอ มีความสามารถจะคิดวิธีการเชิงคณิตศาสตร์ ประยุกต์คณิตศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ในโลกจริง สามารถตีความ แปลความ และประเมินผลของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และนำมาประยุกต์เข้ากับสถานการณ์ในโลกจริง การสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันจึงมองผู้เรียนในฐานะผู้แก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้ แนวคิดของคนที่รู้คณิตศาสตร์จึงเปลี่ยนแปลง ไม่ใช่ผู้ที่เชี่ยวชาญตัวเลขและการทำงานทางคณิตศาสตร์ แต่ต้องสามารถใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในบริบทของชีวิตจริง

ต้องสามารถนำปัญหาในบริบทไปคิดวิธีการทำให้เป็นปัญหาคณิตศาสตร์ สามารถใช้ ตีความ แปลความ เข้าใจถึง บทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในโลกจริงและสามารถตัดสินใจที่เหมาะสมต่อสถานการณ์อย่างพลเมืองที่มีความคิด รับผิดชอบ ซึ่งรวมถึงการใช้เหตุและผลทางคณิตศาสตร์ การใช้กรอบความคิด วิธีการ และเครื่องมือ ทางคณิตศาสตร์

สสวท. (2560a, p.1) องค์กรที่รัฐบาลจัดตั้งขึ้นร่วมมือกับโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA ที่ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวชี้วัดคุณภาพการศึกษา ให้แก่ประเทศในโครงการ ซึ่งประกอบด้วย ประเทศสมาชิก OECD (OECD Countries) และประเทศนอก กลุ่มสมาชิก OECD ซึ่งเรียกว่า ประเทศร่วมโครงการ (Partner Countries) PISA ใช้ความร่วมมือและความเชี่ยวชาญจากนานาชาติในการวางกรอบโครงสร้างการประเมิน การสร้างเครื่องมือ และการศึกษาวิจัย เพื่อประกันคุณภาพของการศึกษาวิจัยให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ในระดับนานาชาติ และข้อมูลที่ได้สามารถ ชี้บอกถึงคุณภาพการศึกษาของประเทศต่าง ๆ ได้ ปัจจุบันมีประเทศเข้าร่วมโครงการ PISA มากกว่า 80 ประเทศ ทั่วโลก โดยโครงการ PISA ดำเนินการประเมินอย่างต่อเนื่องทุก ๆ 3 ปี เพื่อติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนและมุ่งให้ข้อมูลแก่ระดับนโยบาย กลุ่มตัวอย่างของ PISA คือ นักเรียนกลุ่มอายุ 15 ปี ซึ่งสาารถถือว่าเป็นวัยจบการศึกษาภาคบังคับ การประเมินของ PISA ไม่เน้นการประเมินความรู้ตาม หลักสูตรในโรงเรียน แต่เน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหาใน ชีวิตจริง หรือที่เรียกว่า “การรู้เรื่อง” (Literacy) ในสามด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งการรู้ เรื่องทั้งสามด้านนี้ ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และเป็นสิ่งที่ประชากรจำเป็นต้องมีเพื่อการ พัฒนาและการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ สสวท. (2560a, p.35) อธิบายว่า เป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิต การที่ PISA ใช้คำว่า “การรู้เรื่องคณิตศาสตร์” (Mathematical Literacy) เพื่อเน้นให้ความชัดเจนว่า การประเมินความรู้และทักษะคณิตศาสตร์ของ PISA เน้นการนำ คณิตศาสตร์ที่เรียนมาใช้ในสถานการณ์ของชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถขยายความรู้จากที่เรียนมา ประยุกต์กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย PISA ให้ความสำคัญกับปัญหาในชีวิตจริง เนื่องจาก ประชาชนทุกวันนี้ต้องเผชิญหน้ากับกิจกรรมประจำวันที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น เรื่องปริมาณ รูปทรง มิติ ความน่าจะเป็น และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ อีกมากมาย PISA จึงต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหา ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในการดำเนินชีวิต โดยให้นักเรียนระบุสถานการณ์ที่สำคัญของปัญหา กระตุ้นให้หาข้อมูล สำรวจตรวจสอบ และนำไปสู่การแก้ปัญหา เช่น ทักษะการคิดและการใช้เหตุผล การโต้แย้ง การสื่อสาร การสร้าง ตัวแบบ การตั้งปัญหา และการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์และการดำเนินการในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องใช้ทักษะต่าง ๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือใช้ทักษะหลายอย่าง ที่ทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกัน เพราะ กำลังคนในปัจจุบันถูกคาดหวังให้เป็นแรงงานที่มีความคิดและสมรรถนะสูง ซึ่งจะส่งผลต่องานที่ทำในหน้าที่ และ สำหรับทุก ๆ คนไม่ว่าจะทำงานระดับใด จะถูกคาดหวังว่าจะไม่ใช่เฉพาะร่างกายเพื่อทำงานซ้ำ ๆ อย่างเดิม

เท่านั้น แต่จะต้องพบกับความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี และต้องสามารถปรับเปลี่ยนตัวเองให้สามารถจัดการกับเทคโนโลยีและเครื่องจักรกล อีกทั้งต้องสามารถจัดการกับข้อมูลข่าวสารที่เข้ามาตลอดเวลา

แต่ในปัจจุบันการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังเห็นจากผลการทดสอบทั้งในระดับนานาชาติหรือระดับประเทศ ตามที่ สสวท. (2560b, pp.14-15) เผยแพร่ผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยคะแนนเฉลี่ย OECD ของคณิตศาสตร์ใน PISA 2015 เป็นคะแนนมาตรฐานที่ 490 คะแนน แต่คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยคือ 415 คะแนนอยู่ในช่วงลำดับที่ 49 – 55 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่าหนึ่งระดับ ทั้งนี้ นักเรียนไทยกลุ่มสูง (กลุ่มที่มีคะแนนอยู่ที่ 10% บน) มีคะแนนคณิตศาสตร์ 521 คะแนน กับนักเรียนไทยกลุ่มต่ำ (กลุ่มที่มีคะแนนอยู่ที่ 10% ล่าง) มีคะแนนคณิตศาสตร์ 313 คะแนน ซึ่งหากพิจารณาผลการประเมินตั้งแต่ PISA 2000 ถึง PISA 2015 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มคะแนนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย เมื่อเทียบกับการประเมินคณิตศาสตร์ที่เป็นวิชาหลักใน PISA 2012 ลดลง 11 คะแนน และใน PISA 2003 ลดลง 2 คะแนน แต่ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ และคะแนนใกล้เคียงกับการประเมินใน PISA 2006 และ PISA 2009 และหากแยกตามกลุ่มโรงเรียน กลุ่มโรงเรียนที่นักเรียนมีคะแนนคณิตศาสตร์สูงกว่าค่าเฉลี่ย OECD คือ นักเรียนจากกลุ่มโรงเรียนเน้นวิทย์ และสาคิต ส่วนกลุ่มอื่น ๆ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD

ถึงแม้ว่าแนวโน้มในปี PISA 2003 ถึง PISA 2012 มีแนวโน้มคะแนนคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น และลดลงอีกครั้งในปี 2015 นั้นอาจแสดงถึงคุณภาพของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ลดลง หรืออาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบผลสำเร็จ ดังที่ สสวท. (2558, pp.36-47) ได้กล่าวถึง การถดถอยของการศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียน มีสาเหตุที่เกิดจากตัววิชาคณิตศาสตร์เอง การที่นักวิชาการต้องการความถูกต้องครบถ้วนของเนื้อหาโดยไม่มีการยืดหยุ่นหรือปรับแต่ง (Modify) เพื่อให้เหมาะกับผู้เรียน ปัญหาหลัก ๆ นั้นหมายถึงหลักสูตรคณิตศาสตร์ให้ความสำคัญแก่นเนื้อหาวิชาเพียงมิติเดียว ทั้งนักคณิตศาสตร์ อาจารย์มหาวิทยาลัย นักพัฒนาหลักสูตร ตลอดจนครูผู้สอนต่างเห็นว่าเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่นักเรียนต้องเรียน นั่นคือ แนวกรอบความคิด สูตรการคำนวณ ฯลฯ คือสิ่งที่ต้องเน้น ทั้งนี้ไม่มีมิติของสังคม หรือบทบาทของคณิตศาสตร์ในโลกจริงหรือชีวิตจริงเป็นส่วนประกอบของหลักสูตร ถึงแม้ว่าหลายภาคส่วนจะเน้นย้ำความสำคัญของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ในเศรษฐกิจ และในการพัฒนาประเทศ แต่ในทางปฏิบัติ ไม่มีประเด็นเหล่านี้ในวิชาคณิตศาสตร์เลย เนื่องจากหลักสูตรเน้นความรู้เนื้อหาอย่างเดียว ครูก็สอนเฉพาะเนื้อหาจากตำรา ดังนั้นจึงมีหลายครั้งที่ครูยอมรับว่านักเรียนมักถามว่าเรียนคณิตศาสตร์ไปทำไม ไม่เห็นเกี่ยวข้องกับชีวิตหรือไม่เคยใช้ในชีวิตเลย ทั้ง ๆ ที่หลักสูตรคณิตศาสตร์ใหม่ที่พัฒนาโดย สสวท. ให้ความสำคัญกับจุดเน้นเรื่องบทบาทหรือการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Active Learning) ที่ผู้เรียนไม่ใช่ผู้รับความรู้จากผู้สอน แต่ผู้เรียนจะต้องแสดงบทบาทในการมีส่วนร่วม เป็นต้นว่า ตั้งปัญหา ทำกิจกรรมแก้ปัญหา สร้างคำอธิบาย และสรุปผลการแก้ปัญหา แต่เนื่องจากทั้งนักเรียนและครูคุ้นเคยกับวิธีการเรียนที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้ ได้แก่ การบอกหลักการ แสดงตัวอย่าง และนักเรียนทำโจทย์ตามแบบตัวอย่าง (Reproduction) ถึงแม้ว่าหลักสูตรคณิตศาสตร์ใหม่และวิธีการใหม่จะส่งผลทางบวกทำให้นักเรียนมีผลการประเมินดีพอสมควรในระยะแรก ๆ ในระดับนานาชาติ แต่พอนานขึ้นความเคยชินเดิม ๆ เริ่มกลับมา ทั้งครูและนักเรียนต้องการความรู้ที่แน่นอน เพราะเกรงจะทำข้อสอบในวาระสำคัญต่าง ๆ ไม่ได้ นอกจากนี้วิธีการใหม่ยังถูกวิจารณ์จากพ่อแม่ผู้ปกครองที่มักบ่นว่าไม่สามารถสอนลูกหลานได้ เพราะ

วิธีการไม่เหมือนที่ตนเคยเรียนรู้มา จึงเกรงว่าบุตรหลานจะไม่ได้ความรู้มากพอ กรณีเช่นนี้เกิดมากในกลุ่มพ่อแม่ที่มีความรู้สูงและมักมีอิทธิพลเชิงความคิดในสังคม เช่น กลุ่มอาจารย์มหาวิทยาลัย เป็นต้น ในที่สุดวิธีการใหม่ที่นำเสนอจึงจางลงไปเรื่อย ๆ และกลับไปตั้งต้นที่เดิมคือ ครูสอนให้ความรู้ นักเรียนเรียนจากครู ทำโจทย์ตามตัวอย่าง และหาคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียว

การจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด หรือ Open Approach เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีวิถีและวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างหลากหลาย เป็นการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างทั่วถึงเต็มศักยภาพของแต่ละคน ผู้เรียนได้ยกระดับความรู้และระดับการเรียนรู้ร่วมกันผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ในระดับสูงเกิดสมรรถนะฝังลึกที่จะเรียนรู้แก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในเรื่องและในเงื่อนไขที่ตนยังไม่เคยรู้จักได้ด้วยตนเอง และโดยกระบวนการกลุ่มจนเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในตนเอง (Transformative Learning) ร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดอุปนิสัยและความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยกระบวนการเรียนรู้แบบ Open Approach เป็นแนวคิดใหม่สำหรับประเทศไทยที่แตกต่างจากเดิม เพราะบทบาทของครูเปลี่ยนไปจากที่เน้นการบรรยายเนื้อหา การทำแบบฝึกหัดให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง และการสรุปเนื้อหาที่เรียนในช่วงท้ายบทเรียน ไปสู่การเปิดชั้นเรียน ที่ก่อแรงบันดาลใจ การใช้โจทย์สถานการณ์ปัญหา การส่งเสริมผู้เรียนให้ลองผิดลองถูกจนสามารถสร้างความรู้ขึ้นได้ด้วยตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การถอดบทเรียนที่นำไปสู่การประมวล สังเคราะห์ และสรุปความรู้ใหม่ร่วมกัน (วิจารณ์ พานิช, 2557)

หากจะจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองหรือการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ อาจต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น รวมถึงการดูแลให้นักเรียนทุกคนเข้าใจในแนวคิดหลักของเนื้อหา ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะนำแนวคิดของห้องเรียนกลับด้านที่สามารถนำเนื้อหาที่ครูจำเป็นต้องเน้นย้ำให้อยู่ในห้องเรียนกลับด้าน โดยนักเรียนยังสามารถกลับไปทบทวนเพื่อเพิ่มความเข้าใจได้ ทำให้มีเวลาสำหรับจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนปกติที่เน้นการต่อยอดมากกว่าการบรรยายท่องจำ ตามที่ Bergmann and Sams (2012, pp.3-4; 2556, pp.20-21) กล่าวถึงห้องเรียนกลับด้านว่า ห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) เกิดขึ้นจากจิตวิญญาณความเป็นครูเพื่อศิษย์ของครูบ้านนอกในสหรัฐอเมริกา ที่ต้องการช่วยนักเรียนที่มีปัญหาตามชั้นเรียนไม่ทัน เพราะต้องขาดเรียนไปเล่นกีฬาหรือทำกิจกรรม หรือเพราะเขาเรียนรู้ได้ช้า วิดีโอบทเรียนที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต ช่วยให้นักเรียนไม่จำเป็นต้องใช้เวลาที่โรงเรียนในการเรียนเนื้อหา แต่ใช้เวลาให้เกิดคุณค่าต่อตนเองมากกว่านั้น คือ ใช้สำหรับฝึกแปลงเนื้อความรู้ไปเป็นสาระหรือความเข้าใจที่เชื่อมโยงกับโลกหรือกับชีวิตจริง นั่นหมายความว่าวิธีการเรียนรู้แบบกลับด้าน คือ เรียนวิชาที่บ้าน ทำการบ้านที่โรงเรียน หรือรับถ่ายทอดความรู้ที่บ้าน แล้วมาสร้างความรู้ต่อยอดจากวิชาที่รับถ่ายทอดมาเป็นความรู้ที่สอดคล้องกับชีวิต ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีพลังเกิดทักษะที่เรียกว่า ทักษะในศตวรรษที่ 21 รวมถึง Stevens (2013, p.129) ได้กล่าวอีกว่า ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมอยู่นั้น คือโอกาสที่เขาได้มีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนอย่างไม่เคยมีมาก่อน ขณะเดียวกัน Fulton (2014, p.133) ให้ข้อสรุปในการใช้ห้องเรียนกลับด้านว่า ครูมีโอกาสที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนหรือการฝึกฝนที่สอดคล้องกับทักษะและความสามารถของทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน และไม่ใช่เพียงทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่จะเกิดขึ้น ห้องเรียนกลับด้านยังสามารถฝึกทักษะพื้นฐานให้แน่นยิ่งขึ้น เข้าใจอย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น นำไปสู่การฝึกทักษะใหม่ ๆ และเรียนรู้อย่างมีความหมาย

มาก หมายความว่า การเรียนโดยใช้ห้องเรียนกลับด้าน จะได้เวลาในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนสำหรับการฝึก พัฒนาระดับการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) ของนักเรียนได้อีกด้วย ซึ่ง ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2561, pp.5-7) ยังกล่าวว่า การใช้บทเรียนคณิตศาสตร์บนเครือข่าย e-Learning ช่วยในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนจะต้องพยายามทำความเข้าใจบทเรียนด้วยตนเอง พร้อมๆ ไปกับข้อมูลหรือบทเรียนที่มีในคอมพิวเตอร์ ทำให้ได้ฝึกการคิดให้เป็นระบบระเบียบ ซึ่งในห้องเรียนปกติจะทำได้ ยาก หรือถ้าทำได้ก็จะเป็นเฉพาะนักเรียนบางกลุ่มบางคนที่ตั้งใจเรียน มีสมาธิในการเรียนอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าเป็น การเรียนทาง e-Learning ผู้เรียนจะมีแนวโน้มและมีเปอร์เซ็นต์ในการใช้ความคิดมากขึ้น ผู้เรียนสามารถที่จะ เรียนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้ เหมือนถ้าให้ครูผู้สอนอธิบายซ้ำได้หลาย ๆ รอบ ครูผู้สอนไม่ต้องบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว ไม่ต้องพูดซ้ำ ๆ ในเรื่องเดิม แต่ยังคงต้องเป็นผู้นำทาง เป็นผู้ชี้แนะ เมื่อนักเรียนมีปัญหาสงสัย สื่อสารกับนักเรียน ได้ง่ายขึ้น มีเวลาสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนมากขึ้น

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมองเห็นว่าห้องเรียนกลับด้านจะเปิดโอกาสให้ครูมีเวลาสำหรับจัดการ เรียนรู้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยวิธีการอื่น ๆ มากกว่าเน้นการบรรยายแบบท่องจำ กล่าวคือครูสามารถใช้ เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่าการนั่งฟังบรรยาย ไม่ต้องกังวลกับการบรรยายเนื้อหาในคาบเรียนนั้นโดยนักเรียน สามารถกลับไปศึกษาหรือทบทวนด้วยตนเองผ่านห้องเรียนกลับด้าน และมีเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การ คิดต่อยอดอย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดมาบูรณาการร่วมกันในการจัดการ เรียนรู้ในห้องเรียน ใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวตั้งเพื่อสร้างข้อค้นพบบางอย่าง ฝึกคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สื่อสารและให้เหตุผล รวมถึงเห็นความสำคัญของ คณิตศาสตร์ในบริบทของชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้านก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน
2. เพื่อเปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้านหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยไว้ดังนี้

1. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้งภาพรวมและรายด้านของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้งภาพรวมและรายด้านของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

วิธีวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 4 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียน 142 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 33 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) ด้วยการจับสลากมา 1 ห้องเรียน ซึ่งโรงเรียนจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่องการประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA จำนวน 12 แผน แผนละ 50 นาที

2. แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่มีรูปแบบของข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับบริบทต่าง ๆ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามกรอบโครงสร้างการประเมินของ PISA ที่มีรูปแบบของข้อสอบ 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบเลือกตอบคำตอบเดียว 2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน 3) แบบสร้างคำตอบแบบอิสระ และ 4) แบบสร้างคำตอบแบบปิด จำนวน 4 สถานการณ์ 8 ข้อ ทั้งฉบับทดสอบก่อนและหลังเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Objective Congruence) ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 มีค่าความยากง่ายรายข้อตั้งแต่ 0.31 – 0.78 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.27 – 0.58 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.76

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Design) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One – Group Pretest – Posttest Design (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2558, p.116)

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. ชี้แจงกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการห้องเรียนกลับด้านและการวัดและประเมินผลก่อนการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเตรียมนักเรียนในการใช้ห้องเรียนกลับด้าน ประกอบด้วย การเตรียมห้องเรียนออนไลน์ แนะนำการดูวิดีโอ และข้อตกลงในการเรียนรู้นอกห้องเรียน

2. ทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลา 1 คาบ เป็นเวลา 50 นาที

3. จัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 12 แผน จำนวน 12 คาบ คาบละ 50 นาที

4. ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลา 1 คาบ เป็นเวลา 50 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังเสร็จสิ้นการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

2. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ t-test for Dependence Sample สำหรับคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ t-test for One Sample สำหรับคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และในภาพรวมสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์	n	k	\bar{X}	SD	t	df	p-value
การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์							
ก่อนเรียน	33	4	1.70	0.81	3.29	32	.002**
หลังเรียน	33	4	2.30	0.77			
การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา							
ก่อนเรียน	33	4	1.79	1.32	2.00	32	.054
หลังเรียน	33	4	2.30	0.92			
การตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์							
ก่อนเรียน	33	6	1.42	1.23	4.11	32	.000**
หลังเรียน	33	6	2.88	1.80			
ภาพรวม							
ก่อนเรียน	33	14	4.91	2.58	4.99	32	.000**
หลังเรียน	33	14	7.48	2.50			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 1 พบว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 4.99, df = 32, p = .000$) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 4.91 คะแนน จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.58) และคะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 7.48 คะแนน จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.50) เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบรายด้าน พบว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ และด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t = 3.29, df = 32, p = .002, t = 4.11, df = 32, p = .000$) แต่คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 2.00, df = 32, p = .054$) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 1.70 และ 2.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.81 และ 0.77) ตามลำดับ คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 1.79 และ 2.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.32 และ 0.92) ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 1.42 และ 2.88 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.23 และ 1.80) ตามลำดับ

2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านทั้งภาพรวมและรายด้าน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์	n	k	\bar{X}	SD	m_0	t	df	p-value
การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	33	4	2.30	0.77	2.8	-3.71	32	.001
การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	33	4	2.30	0.92	2.8	-3.11	32	.004
การตีความ การประยุกต์ใช้ และ การประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	33	6	2.88	1.80	4.2	-4.22	32	.000
ภาพรวม	33	14	7.48	2.50	9.8	-5.32	32	.000

จากตาราง 2 พบว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -5.32, df = 32, p = .000$) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในภาพรวม เท่ากับ 7.48 คะแนน จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.50) และเมื่อจำแนกตามองค์ประกอบรายด้าน พบว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -3.71, df = 32, p = .001, t = -3.11, df = 32, p = .004, t = -4.22, df = 32, p = .000$) และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ เท่ากับ 2.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.77) คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เท่ากับ 2.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.92) และคะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 2.88 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.80)

อภิปรายผล

จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ข้อค้นพบจากการวิจัยสอดคล้องเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ในบางประเด็น โดยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านส่งผลให้การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และในภาพรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ทั้งภาพรวมและรายด้านพบว่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และในภาพรวม สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย และพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพของแต่ละคน รวมถึงมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จนเกิดการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น เรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในเรื่องที่ไม่รู้จักด้วยตนเองและผ่านกระบวนการกลุ่มจนเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในตนเอง การใช้โจทย์สถานการณ์ปัญหา การส่งเสริมให้นักเรียนให้ลองผิดลองถูกจนสามารถสร้างความรู้ขึ้นได้ด้วยตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สังเคราะห์ และสรุปความรู้ใหม่ร่วมกันทั้งกับเพื่อนนักเรียนและครูภายในห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์

(2547, กรกฎาคม-ธันวาคม, p.30) ได้กล่าวว่า วิธีการสอนแบบเปิดช่วยให้กิจกรรมสร้างสรรค์และวิธีคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน กล่าวคือ ต้องให้นักเรียนแต่ละคนมีอิสระในการพัฒนาความก้าวหน้าในการแก้ปัญหาตามความสามารถและความสนใจของตน ปล่อยให้ให้นักเรียนได้พัฒนาความฉลาดทางคณิตศาสตร์ ครูจึงต้องสร้างกิจกรรมในห้องเรียนที่ส่งเสริมวิธีคิดทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ ขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่าก็สามารถที่จะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างหลากหลาย และนักเรียนที่มีความสามารถด้อยกว่าก็ยังคงสนุกสนานกับกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามความสามารถของตน การทำเช่นนี้เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ทำการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเปิดโอกาสการสืบเสาะด้วยวิธีการที่ตนเองเชื่อมั่น และนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนสูงขึ้น มีความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะเกิดการพัฒนาความคิดขั้นสูงที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่เดียวกันยังเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้นักเรียนแต่ละคนด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ ธวัตรชัย เดนชา, เกียรติ แสงอรุณ, ไหมตรี อินทร์ประสิทธิ์, and สมควร สีชมภู (2558, พฤษภาคม-สิงหาคม, p.1732) อภิปรายผลการวิจัยว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดจะทำให้ชั้นเรียนคณิตศาสตร์เปลี่ยนไปจากเดิม กล่าวคือ ครูไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดเนื้อหาสู่นักเรียน แต่ครูทำหน้าที่เป็นโค้ชคอยช่วยเหลือนักเรียนให้เขาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยความเข้าใจของตัวเอง ซึ่งการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจจะเป็นพื้นฐานในการนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับที่ สสวท. (2557, pp.3-4) อธิบายว่า กระบวนการด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถรู้และบอกโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ของปัญหา แล้วให้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด สำหรับกระบวนการ ติความชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถสะท้อนข้อสรุปและวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ติความผลที่ได้ไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าผลลัพธ์หรือข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่

1.2 ห้องเรียนกลับด้านเปิดโอกาสให้ครูมีโอกาสดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนมากกว่าเน้นการบรรยายท่องจำ ดังที่ Bergmann and Sams (2012, pp.3-4; 2556, pp.20-21) ได้กล่าวถึงแนวคิดของห้องเรียนกลับด้านที่สามารถนำเนื้อหาที่ครูจำเป็นต้องเน้นย้ำให้อยู่ในห้องเรียนกลับด้าน โดยนักเรียนยังสามารถกลับไปทบทวนเพื่อเพิ่มความเข้าใจได้ ทำให้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้ในชั้นเรียนปกติที่เน้นการต่อยอดมากกว่าการบรรยายท่องจำ และช่วยนักเรียนที่มีปัญหาตามชั้นเรียนไม่ทัน เพราะต้องขาดเรียนไปเล่นกีฬาหรือทำกิจกรรมหรือเพราะเขาเรียนรู้ได้ช้า วิดีโอบทเรียนที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต ช่วยให้นักเรียนไม่จำเป็นต้องใช้เวลาที่โรงเรียนในการเรียนเนื้อหาวิชา แต่ใช้เวลาให้เกิดคุณค่าต่อตนเองมากกว่านั้น คือ ใช้สำหรับฝึกแปลงเนื้อความรู้ไปเป็นสาระหรือความเข้าใจที่เชื่อมโยงกับโลกหรือกับชีวิตจริง นั้นหมายถึงว่าวิธีการเรียนรู้แบบกลับด้าน คือ เรียนวิชาที่บ้านทำการบ้านที่โรงเรียน หรือรับถ่ายทอดความรู้ที่บ้าน แล้วมาสร้างความรู้ต่อยอดจากวิชาที่รับถ่ายทอดมาให้เป็นความรู้ที่สอดคล้องกับชีวิต รวมถึง Fulton (2014, p.133) ยังอธิบายอีกว่า ครูมีโอกาสดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนหรือการฝึกฝนที่สอดคล้องกับความสามารถของทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน และไม่ใช่เพียงทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่จะเกิดขึ้น ห้องเรียนกลับด้านยังสามารถฝึกทักษะพื้นฐานให้แน่นยิ่งขึ้น เข้าใจอย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น นำไปสู่การฝึกทักษะใหม่ ๆ และเรียนรู้ด้วยความหมายมาก หมายความว่า การเรียนโดยใช้ห้องเรียนกลับด้าน จะใช้เวลาในการจัด

การเรียนรู้ในห้องเรียนสำหรับการฝึกพัฒนาาระดับการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) ของนักเรียนได้อีกด้วย ซึ่ง ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2561, pp.12-13) ยังกล่าวอีกว่า การจัดการเรียนการสอนจะประสบความสำเร็จ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ทั้งตัวครูผู้สอน นักเรียน สื่อ เทคโนโลยี และบริบทแวดล้อมต่าง ๆ

2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสูงกว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้สังเกตได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลว่า คะแนนเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ แต่อาจยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนากระบวนการด้านการใช้หลักคณิตศาสตร์ ดังที่ สสวท. (2557, p.4) อธิบายว่า ในกระบวนการ การใช้หลักคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถลงมือคำนวณ ดำเนินการ และประยุกต์แนวคิดหลักและข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้ดีเพียงใด

3. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านทั้งภาพรวมและรายด้าน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากน้ำหนักของคะแนนในแต่ละรูปแบบของข้อสอบ โดยรูปแบบของข้อสอบที่เป็นข้อสอบสร้างคำตอบแบบอิสระจะมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับเกณฑ์ที่มากกว่าข้อสอบรูปแบบอื่น ๆ

ข้อสังเกตจากการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดบูรณาการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยพบข้อสังเกตบางประการจากการวิจัยจากแบบบันทึกพฤติกรรมโดยครู และการทบทวนหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านกับนักเรียนในวัยนี้เหมาะสมในช่วงแรก นักเรียนให้ความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการใช้ห้องเรียนกลับด้านได้ดี แต่อาจยังไม่มีความรับผิดชอบ และตรงเวลาในการใช้ห้องเรียนกลับด้านเท่าที่ควร รวมถึงนักเรียนบางคนยังมีความสามารถและความคล่องในการใช้เทคโนโลยีอยู่ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงสร้างแรงกระตุ้นเชิงบวกและให้คำแนะนำในการใช้ห้องเรียนกลับด้าน จึงพบว่านักเรียนมีความรับผิดชอบและมีความสามารถในการใช้ห้องเรียนกลับด้านมากขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ที่ผู้วิจัยจัดให้นักเรียนเป็นกระบวนการกลุ่มย่อย 4 คน พบว่าในคาบแรก ๆ นักเรียนไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นกับสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม นักเรียนเก่งจะเป็นคนคิดและทำกิจกรรมเอง หลังจากนั้นนักเรียนที่เรียนอ่อนจะขอลอกคำตอบ ผู้วิจัยจึงต้องตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้แสดงความคิดเห็นและสร้างแรงกระตุ้นเชิงบวก รวมถึงสร้างความคุ้นเคยให้เกิดขึ้นในภายในกลุ่มของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มเพิ่มมากขึ้น

3. บรรยากาศของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ผู้วิจัยต้องสร้างบรรยากาศให้เกิดการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน โดยมีปฏิสัมพันธ์ที่เป็นกันเองกับนักเรียน เข้าถึงนักเรียนเป็นรายกลุ่มและรายบุคคล ทำให้นักเรียนลดความกลัว ความกังวล จนกล้าแสดงความคิดเห็นตามความเข้าใจของนักเรียน และมีส่วนร่วมภายในกลุ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญที่สะท้อนถึงคุณภาพของประชากร ที่ต้องใช้ระยะเวลาในการส่งเสริมและพัฒนาสูงขึ้น
2. ควรศึกษาแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดอย่างละเอียด เพื่อทราบถึงแนวคิดและวิธีการนำไปใช้อย่างถูกต้อง
3. ควรสำรวจความพร้อมในเรื่องการใช้เทคโนโลยีของทั้งนักเรียนและครู เพื่อให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับด้านมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสื่อที่ใช้ในห้องเรียนกลับด้านโดยครูผู้สอนเป็นผู้จัดทำขึ้นเองเป็นสิ่งที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี แต่ครูผู้สอนต้องมีระยะเวลาในการจัดทำวิดีโอ และให้เวลานักเรียนได้ศึกษาพอสมควร
4. การจัดทดสอบหลังจากการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยควรเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การสร้างแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการให้น้ำหนักคะแนนของรูปแบบข้อสอบ
2. ควรศึกษาวิจัย เรื่อง การตั้งคำถามปลายเปิดรวมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด จะทำให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
3. ควรศึกษาวิจัย เรื่อง เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ ควบคู่กับการใช้แนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อให้ห้องเรียนเป็นห้องเรียนที่ทันสมัย (Smart Classroom) มากขึ้น
4. ควรพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ห้องเรียนกลับด้านให้มากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีทฤษฎีหรือเนื้อหาที่ต้องใช้เวลาในการอธิบายมาก และครูผู้สอนต้องการเวลาในการจัดกิจกรรมมากขึ้น เช่น การแก้โจทย์ปัญหา ระบบสมการ ความคล้าย เป็นต้น
5. ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะวิธีการประเมินโดยใช้รูปแบบข้อสอบที่เป็นข้อสอบสร้างคำตอบแบบอิสระ

References

- Aumporn Makaanong. (2014). *khanittasāt samrap khurū matthayom* [Mathematics for high school teachers]. (2nd Edition). Bangkok: Chulalongkorn University.
- Bergmann, J., & Sams, A. (Eds.). (2556). *khurū phurā sit sāṅgha ‘ong rian klap thāṅg* []. Translate by Vicharn Panich. (2nd Edition). Bangkok: S.R. PRINTING MASSPRODUCT CO.,LTD.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. USA: ISTE.
- Chommanad Cheausuwantavee. (2018). *kān rian kānsōṅ khanittasāt* [Mathematics Instruction]. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.
- Chusi Wongrattana. (2015) . *thechnik kān khian khaokhrōṅ kānwichai : nāothāṅg sū khwāmsamret (Phim khrang thī sām)* [Proposal Writing Techniques: Guidelines for Success (3rd Editions)]. Bangkok: Amornprint.
- Fulton, K. P. (2014). Flipping Builds 21st Century Skills. In *Time for Learning: Top 10 Reasons Why Flipping the Classroom Can Change Education*. California: Corwin.
- Maitree Inprasitha. (2003, July-December). *kānsōṅ doī chai withikān bāep poēt nai chan rian khanittasāt khōṅg Yipun* [Teaching by Open Approach Method in Japanese Mathematics Classrooms]. *KKU Journal of Mathematics Education*, 2(5), 30-32.
- Stevens, J. (2013). Math. In *Flipping 2.0 Practical Strategies for Flipping Your Class* (pp. 123-138). New Berlin: Bretzmann.
- Thawatchai Detcha, Kiat Sangaroon, Maitree Inprasitha, & Somkuan Srichompoo. (2015, May- August). *khwāmkhaochai thāṅg khanittasāt khōṅg nakrian rūāṅg lēkyok kamlang nai chan rian thī chai kānsōṅ duai withikān bāep poēt* [Students' mathematical understanding levels on exponent in classroom using taught by open approach]. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 8(2), 1719-1734. Retrieved on 23 December 2018 from <https://tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/40433/33366>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2014). *tūayāṅg khōsōp khanittasāt PISA sōṅphansipsōṅ* [PISA 2012 Mathematics Sample Questions]. Retrieved on 2 July 2017 from <http://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163620248>
- _____. (2015). *kānsuksā khanittasāt nai radap rōṅrian Thai kānphatthana - phonkrathop phāwa thothōj nai patchuban* [Mathematics education at the Thai school level. Development - impact - current recession]. Retrieved on 2 July 2017 from <http://pisathailand.ipst.ac.th/ipst-958>

- _____. (2017a). k̄r̄p̄ kh̄r̄nḡs̄ānḡ k̄ānp̄r̄m̄ōēn̄ph̄on̄ nak̄r̄īān̄ kh̄r̄nḡk̄ān̄ PISA s̄ōnḡph̄āns̄iph̄ā [PISA 2015 Assessment Framework]. Retrieved on 2 July 2017 from <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa-2015-framwrok>
- _____. (2017b). sarup̄ ph̄onk̄ān̄ p̄r̄m̄ōēn̄ PISA s̄ōnḡph̄āns̄iph̄ā w̄it̄th̄aȳās̄āt̄ k̄ān̄ ‘ān̄ l̄ǣ kh̄ān̄itt̄s̄āt̄ [PISA 2015 Results - Science, Reading, and Mathematics]. Retrieved on 2 July 2017 from <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa2015summaryreport>
- Vicharn Panich. (2014). Open Approach - w̄it̄h̄ī p̄r̄ayuk̄ k̄ān̄ch̄at̄k̄ān̄ r̄īānrū̄ b̄ǣp̄ Active Learning sū̄ k̄ān̄ r̄īānrū̄ n̄aī s̄at̄aw̄at̄ th̄ī ȳis̄ip̄‘et̄ [Open Approach - How to use Active Learning to learn in the 21st century]. Retrieved on 14 March 2017 from <https://www.gotoknow.org/posts/568714>

