

ED01: การพัฒนากระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันของนักเรียน เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

*วรารวรรณ สิริอุเทน¹ และโชคชัย ยืนยง²

¹โรงเรียนฝางวิทยายน อำเภอฝาง จังหวัดขอนแก่น

โทรศัพท์ 08 6233 5753 โทรสาร 0 4326 9181 E-Mail: wara233@hotmail.com

²สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์ 08 1061 9134 E-Mail: chok229@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์การควบคุมการรู้คิด (Metacognition) ในเรื่องพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 48 คน ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ระบุปัญหาสังคม หาแนวทางแก้ปัญหา ต้องการความรู้ ตัดสินใจ และกระบวนการทางสังคม ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพเน้นการศึกษารายกรณีและบรรยายเชิงวิเคราะห์ตามขั้นตอนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์การควบคุมการรู้คิด ซึ่งประกอบด้วยการรวบรวมประสบการณ์เดิม การวางแผนการเรียนรู้ การกำกับและควบคุมตนเอง การประเมินผลการเรียนรู้ และการเชื่อมโยงประสบการณ์ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบประเมินพฤติกรรม แบบบันทึกการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า ในด้านกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพสูงทุกขั้นตอน ในด้านยุทธศาสตร์การควบคุมการรู้คิด ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพต่ำมากในเกือบทุกยุทธวิธี ทั้งนี้ อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น เนื้อหา ตัวผู้เรียน กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการฝึกฝนอยู่เป็นประจำ

คำสำคัญ: กระบวนการเรียนรู้ ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

Development of The Students' Learning Process and Metacognitive Strategies in Science on Nuclear Energy through Science, Technology and Society (STS) approach

*Warawun Siriuthen¹, and Chokchai Yuenyong²

¹Fangwittayayon School, Ban Fang, Khon Kaen

Phone: 08 6233 5753, Fax: 0 4326 9181, E-Mail: wara233@hotmail.com

²Science Education, Faculty of Education, Khon Kaen University

Phone: 08 1061 9134, E-Mail: chok229@yahoo.com

Abstract

This research aimed to develop 48 Grade 10 students' learning process and metacognitive strategies in the 'Nuclear Energy' topic through the Science, Technology and Society (STS) approach, which consists of five

teaching stages: identification of social issues; identification of potential solutions; need for knowledge; decision-making; and socialization. The data were analyzed through rubric score of learning process and metacognitive strategies, which consists of five strategies: Recalling, Planning, Monitoring and Maintaining, Evaluating, and Relating. The findings revealed that most students used learning process in a high level. They performed a very low level in almost all of the metacognitive strategies. The factors potentially impeded their development of awareness about learning process and metacognitive strategies were characteristics of content and students, learning processes, and student habit.

**Keywords: Awareness, Learning Process, Metacognitive Strategies,
Science technology and Society**

1.บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นอยู่ในรูปของพลังงานแสง เสียง ความร้อน แม่เหล็กไฟฟ้า หรือพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการสร้างพลังงานในร่างกายมนุษย์และสัตว์ พลังงานแสงมีความจำเป็นต่อกระบวนการสร้างอาหารของพืช พลังงานความร้อนจากฟืน ถ่าน และแก๊ส สำหรับการหุงต้มอาหาร พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันสำหรับขับเคลื่อนยานพาหนะ และพลังงานเชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติเป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างมหาศาลให้กับมวลมนุษย์ แต่ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาพลังงานอย่างหนัก ส่งผลต่อวิถีชีวิตของผู้อยู่อาศัยในสังคมโดยถ้วนหน้า โดยเฉพาะน้ำมัน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ และจัดเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป และกำลังจะหมดโลกในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า การคิดค้นเพื่อหาพลังงานอื่นมาทดแทนจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนและจำเป็น พลังงานอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ คือ พลังงานนิวเคลียร์ ถือว่าเป็นพลังงานที่ยิ่งใหญ่ และเป็นบ่อเกิดของ พลังงานอื่นๆ ที่เกิดจากนิวเคลียสของอะตอม ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วอะตอมหรือนิวเคลียส นั้นเป็นส่วนประกอบของมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของสรรพสิ่งต่างๆ ในโลก สสารทุกอย่างประกอบด้วยอะตอม ซึ่งมีแกนกลางคือนิวเคลียสซึ่งยึดโดยพลังงาน (<http://kanchanapisek.or.th>) พลังงานนิวเคลียร์ เป็นพลังงานที่เกิดจาก การเปลี่ยนแปลงนิวเคลียสของอะตอมของธาตุบางธาตุ สามารถปลดปล่อยรังสีและอนุภาคต่างๆ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา อนุภาคโปรตอน และถ้ามีการปลดปล่อยอนุภาคอิเล็กตรอนที่อยู่รอบนิวเคลียสด้วย ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของอะตอมเรียก พลังงานปรมาณู พลังงานนิวเคลียร์มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ในดวงอาทิตย์ ในพื้นดิน และที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งนอกจากจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีและอนุภาคแล้วยังสามารถปลดปล่อยพลังงานชนิดอื่น

ออกมาด้วย เช่น พลังงานความร้อน พลังงานแสง ซึ่งมีลักษณะการปลดปล่อย 3 ลักษณะ คือ พลังงานที่ถูกปลดปล่อยลักษณะอย่างเฉียบพลันใช้ในการขุดหลุมลึกขนาดใหญ่ การขุดทำโพรงใต้ดินสำหรับกระตุ้นแหล่งน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ พลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ควบคุมได้ ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูหรือเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้ผลิตสารกัมมันตรังสีและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และจากสารกัมมันตรังสีเพื่อผลิตรังสีต่างๆเราจึงเลือกใช้ลักษณะการปลดปล่อยพลังงานให้เหมาะสมกับการใช้งาน (<http://kanchanapisek.or.th>)

แต่ในปัจจุบันความรู้เรื่องนิวเคลียร์ สาธารณชนยังเชื่อว่าพลังงานนิวเคลียร์เป็นสิ่งที่มีโทษอย่างมหันต์ต่อมนุษย์ เนื่องจากเรามักจะได้ทราบข่าวเกี่ยวกับนิวเคลียร์ในทางลบ เช่น การสร้างและใช้อาวุธนิวเคลียร์ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระเบิด มีคนขโมยอุปกรณ์นิวเคลียร์ที่เลิกใช้แล้วแต่ยังมีพลังงานนิวเคลียร์หลงเหลืออยู่ ทำให้เกิดการเจ็บป่วยร้ายแรง แต่ในความเป็นจริงนานาประเทศมีการคิดค้นและปรับปรุงเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาใช้ในการด้านต่างๆ เช่น การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และสิ่งแวดล้อมอย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นพลังงานที่สำคัญเพื่อทดแทนน้ำมันและเชื้อเพลิงธรรมชาติอื่นๆ ที่ใกล้จะหมดไป จะสามารถแบ่งเบาเสถียรภาพด้านพลังงานของประเทศได้ดีที่สุด ทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ประกอบกับการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จำเป็นต้องใช้เวลาดำเนินการอย่างน้อย 10 ปี เพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่งขึ้น หากเลือกโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาใช้ในการแก้ปัญหาด้านพลังงานของชาติ การมุ่งสร้างฐานความรู้ให้เกิดความเข้าใจและทัศนคติที่ดีแก่เยาวชนและบุคคลทั่วไป จึงควรมีการถ่ายทอดและสื่อสารความรู้ด้านนิวเคลียร์ โดยการฝึกให้ประชากรรู้จักคิดวิเคราะห์ ทำความเข้าใจ มีการวางแผน กำกับ ควบคุมและประเมินการคิด(metacognition)ของตนอยู่เสมอ(วรารณ,2550) เมื่อฝึกบ่อยๆ จะทำให้เป็นผู้รู้จักคิดค้น ลงมือ สำรวจ เก็บข้อมูล สรุปและสร้างเป็นองค์ความรู้ของตน ส่งผลให้เกิดความท้าทาย อยากรู้ อยากเห็น ใฝ่รู้ที่จะติดตามข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจในเรื่องราวต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(Scientific and technological literacy) ทั้งในเรื่องนิวเคลียร์และเรื่องอื่นๆ ที่เป็นวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันอย่างแท้จริง ประกอบกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม(STS) เป็นกิจกรรมที่ใช้ประเด็นปัญหาสังคม หรือสิ่งที่นักเรียนสนใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวนำเข้าสู่บทเรียนบรรยากาศการเรียนรู้เป็นบรรยากาศที่นักเรียนเป็นศูนย์กลางและเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมในยุคปฏิรูปการศึกษา ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักคิด รู้จักการวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ทั้งในและนอกชั้นเรียน เข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Yuenyong, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมคือต้องการให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ใช้ความรู้ ความสามารถพิจารณาและหาสาเหตุของปัญหา มี

ทางเลือกในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสามารถลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาตามแนวทางที่ตัดสินใจได้ จากความสำคัญและประโยชน์ของการสอนตามแนวคิด STS พร้อมทั้งเหตุผลที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนานักเรียนให้เข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เพื่อจะเป็นการเตรียมนักเรียนให้เป็นพลเมืองที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีปกติสุข เป็นผู้ที่สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนจากห้องเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เป็นผู้รู้จักตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับประเด็นปัญหาของสังคมที่อยู่ใกล้ตัวตามความสามารถและสติปัญญา เป็นผู้ที่มีความตระหนักในประเด็นปัญหาของท้องถิ่น ชุมชน หรือสังคม มีความรับผิดชอบต่อสังคมส่วนรวม และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยความกระตือรือร้นและมีความพึงพอใจในการเรียนเพื่อให้นักเรียนมีพื้นฐานและวัฒนธรรมทางการเรียน วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์(Yuenyong, 2006) ในฐานะที่ผู้วิจัยทำการสอนวิทยาศาสตร์พื้นฐานในทุกสาระการเรียนรู้ จึงรู้และเข้าใจถึงความสำคัญของการทำให้ผู้เรียนบรรลุถึงวัตถุประสงค์ของการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS Approach) ของ (Yuenyong, 2006) โดยมีขั้นตอนปัญหาสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขึ้นหาแนวทางการแก้ปัญหา ขึ้นต้องการความรู้ ขึ้นทำการตัดสินใจ ขึ้นกระบวนการทางสังคมซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แล้วพิจารณาผลของการสอนว่าจะส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันของผู้เรียนอย่างไร

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันของนักเรียน เรื่องพลังงานนิวเคลียร์ ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการเรียนรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามขั้นตอนการสอน ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม(Science Technology and Society(STS) Approach)
2. ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน(Metacognitive Strategies) ผู้วิจัยได้นำเอาแนวคิดของพิมพันธุ์ เชชะคุปต์(2544) และแนวคิดของ Beyer(1987) มาปรับเพื่อให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนจริงๆ เป็น 5 ยุทธวิธี คือ แบบประเมินการรวบรวมประสบการณ์เดิม การวางแผนการเรียน การกำกับควบคุมตนเอง การประเมินตนเอง และการเชื่อมโยงประสบการณ์ (วรารวรรณ, 2550) ของนักเรียนขณะทำกิจกรรมการเรียนการสอน

3. การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society(STS) Approach) ของ Yuenyong (2006) ซึ่งประกอบด้วยขั้นระบุปัญหาสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา ขั้นต้องการความรู้ ขั้นทำการตัดสินใจ และขั้นกระบวนการทางสังคม

4. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ(Qualitative Research) เน้นการศึกษารายกรณี (Case Study) และการบรรยายเชิงวิเคราะห์(Analytic Description)

5. เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติ มีดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานนิวเคลียร์...อะตอมเพื่ออนาคต
2. แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ตามขั้นตอนการสอนแนวคิดวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสังคม (Science Technology and Society (STS) Approach) เป็นแบบประเมินตามกรอบของ Yuenyong (2006)

3. แบบประเมินยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน ตามกรอบของวราวรรณ(2550) ที่พัฒนามาจากแนวคิดของพิมพันธุ์ เดชะคุปต์(2544) และแนวคิดของ Beyer(1987)

4. แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นแบบบันทึกสำหรับนักเรียนทุกคนเขียนความคิดขณะที่เรียนโดยที่ยังไม่ต้องตอบหรือบันทึกความรู้ที่ได้ในเรื่องที่เรียน สร้างขึ้นโดยการกำหนดขอบข่ายในการบันทึก ว่านักเรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน จะแสวงหาความรู้ได้อย่างไร จะสร้างผลงานที่เป็นข้อความรู้นั้นได้อย่างไรจะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร ความรู้ที่นักเรียนได้รับเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่เคยเรียนรู้อยู่มา เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาการเกิดเมตาคอกนิชันในตัวผู้เรียน แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับสะท้อนผลการปฏิบัติต่อไป

5. แบบสัมภาษณ์นักเรียน สร้างขึ้นโดยการกำหนดกรอบและขอบข่ายพฤติกรรมของผู้เรียนเกี่ยวกับ ความรู้สึกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดขึ้น ความต้องการให้ปรับกิจกรรม บอกสิ่งที่เหมือนหรือต่างจากที่เคยเรียนมา และนักเรียนได้รับประโยชน์อะไร จะนำไปใช้อย่างไร แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ นำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ แล้วนำไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการสะท้อนผลการปฏิบัติ

6. ผลการวิจัย

สามารถแสดงได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1: แสดงระดับคุณภาพกระบวนการเรียนรู้ตามขั้นตอนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006)

ขั้นตอนการสอน	ระดับคุณภาพ	ประเด็นคำถาม/การแสดงออก/ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน(%) แผนพลังงานนิวเคลียร์..อะตอมเพื่อนาคต
ระบุปัญหาสังคม	4	มีการเสนอปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง แสดงออกถึงการรับรู้ การมีความรู้และความรู้สึกกับผิดชอบ ชาบซึ่งและเห็นความสำคัญว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ โดยเสนอปัญหาได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว	8.33(4)
	3	มีการเสนอปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง แสดงออกถึงการรับรู้ การมีความรู้และความรู้สึกกับผิดชอบ ชาบซึ่งและเห็นความสำคัญว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ	81.25(39)
	2	มีการเสนอปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง แต่ไม่แสดงออกถึงการรับรู้ การมีความรู้และความรู้สึกกับผิดชอบ ชาบซึ่งและไม่เห็นความสำคัญว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ	10.42(5)
	1	มีการเสนอปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่ไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน	-
	0	ไม่มีการเสนอปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน	-
หาแนวทางการแก้ปัญหา	4	มีการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และสามารถบอกความรู้ที่ต้องหาใหม่ได้ มีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการวางแผนหาคำตอบของปัญหา หรือหาความรู้เพิ่มเติมร่วมกันในกลุ่ม โดยการจัดหมวดหมู่คำถามและคิดหาคำตอบของปัญหาล่วงหน้า กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนได้ถูกต้อง และสามารถวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรคจากแนวทางการแก้ปัญหานั้นได้อย่างชัดเจน	-
	3	มีการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และสามารถบอกความรู้ที่ต้องหาใหม่ได้ มีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการวางแผนหาคำตอบของปัญหา หรือหาความรู้เพิ่มเติมร่วมกันในกลุ่ม โดยการจัดหมวดหมู่คำถามและคิดหาคำตอบของปัญหาล่วงหน้า กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนได้ถูกต้อง	88.62(43)
	2	มีการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และสามารถบอกความรู้ที่ต้องหาใหม่ได้ มีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา แต่ไม่มีการวางแผนหาคำตอบของปัญหา หรือหาความรู้เพิ่มเติมร่วมกันในกลุ่ม	11.38(5)
	1	มีการพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และสามารถบอกความรู้ที่ต้องหาใหม่ได้ แต่ไม่มีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	-
	0	ไม่สามารถพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่หรือบอกความรู้ที่ต้องหาใหม่ได้	-

ตารางที่ 1: แสดงระดับคุณภาพกระบวนการเรียนรู้ตามขั้นตอนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006)(ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม/การแสดงออก/ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน(%) แผนพลังงานนิวเคลียร์..อะตอม เพื่ออนาคต
ต้องการความรู้	4	มีการศึกษา สืบค้น ตรวจสอบ และสอบถามหาความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันและผู้สอน มีการปรับแต่งความเข้าใจของตน การตีความหมาย หรือแปลความหมายของข้อความรู้ที่ได้รับอย่างชัดเจน	-
	3	มีการศึกษา สืบค้น ตรวจสอบ และสอบถามหาความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันและผู้สอน มีการตีความ แปลความหมายของข้อความรู้บ้างเล็กน้อย	81.25(39)
	2	มีการศึกษา สืบค้น ตรวจสอบ และสอบถามหาความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันและผู้สอน	12.50(6)
	1	มีการศึกษา สืบค้น ตรวจสอบ และสอบถามหาความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น	6.25(3)
	0	ไม่มีการศึกษา สืบค้น ตรวจสอบ และสอบถามหาความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น	-
การตัดสินใจ	4	ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางและวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง มีการใช้กระบวนการกลุ่มและการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ โดยคำนึงถึงผลดีผลเสียและความเป็นไปได้สำหรับประเทศไทยได้อย่างลึกซึ้ง	-
	3	ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางและวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง มีการใช้กระบวนการกลุ่มและการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ แต่ไม่ได้คำนึงถึงผลดีผลเสียและความเป็นไปได้สำหรับประเทศไทย	76.25(37)
	2	ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางและวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการใช้กระบวนการกลุ่มและการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ	12.50(6)
	1	ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางและวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้บ้างเป็นบางส่วน	6.25(3)
	0	ไม่มีการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหานั้น	-

ตารางที่ 1: แสดงระดับคุณภาพกระบวนการเรียนรู้ตามขั้นตอนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006)(ต่อ)

ขั้นตอน การสอน	ระดับ คุณภาพ	พฤติกรรม/การแสดงออก/ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน (%) แผนพลังงานนิวเคลียร์..อะตอม เพื่อนาคต
กระบวนการ ทางสังคม	4	มีกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อสะท้อนและทบทวนแนวคิดของตน มีการทำความเข้าใจที่ตกลงร่วมกันอย่างมีความหมาย มีการนำเสนอ ผลงานหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย	-
	3	มีกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อสะท้อนและทบทวนแนวคิดของตน มีการทำความเข้าใจที่ตกลงร่วมกันอย่างมีความหมาย และมีการนำเสนอผลงานหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้น โดยใช้วิธีการแบบใดแบบหนึ่ง	85.42(41)
	2	มีกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อสะท้อนและทบทวนแนวคิดของตน มีการทำความเข้าใจที่ตกลงร่วมกันในกลุ่ม	14.25(7)
	1	มีกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อสะท้อนและทบทวนแนวคิดของตน	-
	0	ไม่มีส่วนร่วมในกลุ่ม และไม่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น	-

ตารางที่ 2: แสดงระดับคุณภาพยุทธศาสตร์เมตาคognitionของผู้เรียน ตามกรอบแนวคิดของ วรารธรรม (2550) Adapted from Beyer, 1987

ยุทธวิธี	ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม/การแสดงออก/ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน (%) แผนพลังงานนิวเคลียร์..อะตอม เพื่อนาคต
การรวบรวม ประสบการณ์ เดิม (recalling)	4	มีการปรึกษาพูดคุยกับเพื่อนถึงความรู้เดิมและบอกให้คนอื่นทราบได้ มีการอธิบายวิธีคิดของตนเอง มีการระบุว่าจะรู้อะไรที่รู้แล้ว อะไรที่ยังไม่รู้ ต้องการรู้อะไร เมื่อเห็นหัวข้อสามารถทำความเข้าใจหรือขยายความได้ถูกต้อง	-
	3	มีการปรึกษาพูดคุยกับเพื่อนถึงความรู้เดิมและบอกให้คนอื่นทราบได้ มีการอธิบายวิธีคิดของตนเอง มีการระบุว่าจะรู้อะไรที่รู้แล้ว อะไรที่ยังไม่รู้ ต้องการรู้อะไร	-
	2	มีการปรึกษาพูดคุยกับเพื่อนถึงความรู้เดิมและบอกให้คนอื่นทราบได้ มีการอธิบายวิธีคิดของตนเอง แต่ไม่มีการระบุว่าจะรู้อะไรที่รู้แล้ว อะไรที่ยังไม่รู้ ต้องการรู้อะไร	16.66(8)
	1	มีการปรึกษาพูดคุยกับเพื่อนถึงความรู้เดิมและบอกให้คนอื่นทราบได้ แต่ไม่มีการอธิบายวิธีคิดของตนเอง	68.75(33)
	0	ไม่มีการปรึกษาพูดคุยถึงความรู้เดิมและบอกให้คนอื่นทราบไม่ได้	14.58 (7)
การวางแผน (planning)	4	มีการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติหรือการทดลอง มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น	-
	3	มีการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติหรือการทดลอง มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล แต่ไม่มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น	-
	2	มีการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติหรือการทดลอง มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า แต่ไม่มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล	-
	1	มีการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติหรือการทดลอง แต่ไม่มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า	85.42(41)
	0	ไม่มีมีการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ ไม่เลือกวิธีการ ไม่เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติหรือการทดลอง	6.25(3)

ตารางที่ 2 (ต่อ): แสดงระดับคุณภาพยุทธศาสตร์เมตาคognitionขั้นของผู้เรียน ตามกรอบแนวคิดของ วรารณ (2550) Adapted from Beyer, 1987

ยุทธวิธี	ระดับคุณภาพ	พฤติกรรม/การแสดงออก/ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน(%) แผนพลังงานนิวเคลียร์.อะตอม เพื่อนาคต
การตรวจสอบ และกำกับ ตนเอง (monitoring and maintaining)	4	มีการทบทวนกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันเพื่อรวบรวมข้อมูล มีการกำหนดจุดประสงค์เอง ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม กำกับหน้าที่ของตนเองให้เป็นไปตามขั้นตอน เขียนความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ตัดสินใจและเลือกวิธีปฏิบัติขั้นต่อไปได้อย่างเหมาะสม อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้ เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ ทราบวิธีที่จะจัดปัญหาและข้อผิดพลาดนั้น	-
	3	มีการทบทวนกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันเพื่อรวบรวมข้อมูล มีการกำหนดจุดประสงค์เอง ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม กำกับหน้าที่ของตนเองให้เป็นไปตามขั้นตอน เขียนความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ตัดสินใจและเลือกวิธีปฏิบัติขั้นต่อไปได้อย่างเหมาะสม แต่ไม่อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้ ไม่เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ ไม่ทราบวิธีที่จะจัดปัญหาและข้อผิดพลาดนั้น	10.41(5)
	2	มีการทบทวนกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันเพื่อรวบรวมข้อมูล มีการกำหนดจุดประสงค์เอง ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม กำกับหน้าที่ของตนเองให้เป็นไปตามขั้นตอน เขียนความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ แต่ไม่มีตัดสินใจและเลือกวิธีปฏิบัติขั้นต่อไปได้อย่างเหมาะสม	50.00(24)
	1	มีการทบทวนกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันเพื่อรวบรวมข้อมูล	33.33(16)
	0	ไม่มีการทบทวนกิจกรรม ไม่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันเพื่อรวบรวมข้อมูล	6.25 (3)
การประเมิน ตนเอง (evaluating)	4	เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ มีการแปลความหรือตีความหมายของข้อมูล สรุปความรู้ที่ได้รับ สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต มีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ นำวิธีที่ไม่เหมาะสมออก มีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ	-
	3	เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ มีการแปลความหรือตีความหมายของข้อมูล สรุปความรู้ที่ได้รับ สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคตมีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ นำวิธีที่ไม่เหมาะสมออก แต่ไม่มีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ	-
	2	เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ มีการแปลความหรือตีความหมายของข้อมูล สรุปความรู้ที่ได้รับ แต่ไม่ได้สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคตมีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์	39.58(19)
	1	เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ แต่ไม่มีการแปลความหรือตีความหมายของข้อมูล สรุปความรู้ที่ได้รับ	52.08(25)
	0	ไม่มีการเรียงลำดับปัญหาข้อผิดพลาดที่พบ ไม่มีการสรุปความรู้ที่ได้รับ	8.33(4)

ตารางที่ 2 (ต่อ): แสดงระดับคุณภาพยุทธศาสตร์เมตาคognitionชั้นของผู้เรียน ตามกรอบแนวคิดของ วรารณ (2550) Adapted from Beyer, 1987

ขั้นตอน การสอน	ระดับ คุณภาพ	พฤติกรรม/การแสดงออก/ความคิดเห็น	จำนวนนักเรียน (%) แผนพลังงานนิวเคลียร์..อะตอม เพื่อนาคต
การเชื่อมโยง ประสบการณ์ (relating)	4	มีการอธิบายความยากลำบากหรือประสบปัญหาความยุ่งยากในการเรียนรู้ มีการอธิบายความรู้เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ มีการสะท้อนความคิดของตนเองโดยการบอกถึงระดับระง	-
	3	มีการอธิบายความยากลำบากหรือประสบปัญหาความยุ่งยากในการเรียนรู้ มีการอธิบายความรู้เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ แต่ไม่มีการสะท้อนความคิดของตนเองโดยการบอกถึงระดับระง	-
	2	มีการอธิบายความยากลำบากหรือประสบปัญหาความยุ่งยากในการเรียนรู้ แต่ไม่มีการอธิบายความรู้เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ	33.33(16)
	1	มีการอธิบายความยากลำบากแต่ไม่อธิบายถึงการประสบปัญหาในการเรียนรู้	20.83(10)
	0	ไม่มีการอธิบายความยากลำบากและความยุ่งยากในการเรียนรู้	45.83(22)
ยุทธศาสตร์เมตาคognitionชั้นของผู้เรียนเฉลี่ย			-

การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

1. สรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนากระบวนการเรียนรู้จากตารางที่ 1 สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1.1 เนื้อหาที่เรียนในขณะนั้น จะต้องเป็นเรื่องที่กำลังเป็นประเด็นทางสังคม หรือสังคมกำลังให้ความสนใจ เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เป็นเรื่องใกล้ตัว มีการเสนอข้อมูลข่าวสารในหลายวิธีเช่นทาง โทรทัศน์ วิทยุ อินเทอร์เน็ต และสื่อต่างๆ

1.2 ขั้นตอนและวิธีการสอน การเริ่มต้นครั้งแรกมักมีปัญหา อุปสรรค แผนแรกๆ มักเกิดพฤติกรรมและการแสดงออกที่ง่ายๆ แผนหลังๆ จึงเกิดพฤติกรรมที่ซับซ้อนมากขึ้น ครูจึงควรเตรียมทุกอย่างให้พร้อม ทั้งตัวครูผู้สอน เอกสาร นักเรียน และลำดับขั้นตอน นอกจากนี้ความต่อเนื่องของขั้นตอนการสอนก็สำคัญ การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong(2006) เป็นวิธีการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี โดยเมื่อผู้เรียนสามารถระบุปัญหาได้ จึงหาแนวทางแก้ปัญหาในหลากหลายวิธี หลังจากนั้นทำการหาความรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหานั้น แล้วลำดับที่จะสะท้อนหรือนำเสนอแนวคิดของตนต่อสังคมได้อย่างมีความหมาย

1.3 ครูผู้สอนต้องวางแผนอย่างดี เตรียมทุกอย่างให้พร้อม ทั้งตัวครูเอง เอกสารความรู้ นักเรียนและลำดับขั้นตอน นอกจากนี้เมื่อสอนไปแล้ว ครูผู้สอนจะต้องสังเกตผู้เรียน ประเมินการสอนของตนเอง ว่าสอนไปแล้วผู้เรียนเป็นอย่างไร มีข้อบกพร่อง ผิดพลาดที่ใดที่ควรแก้ไข ปรับปรุง เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาช่วยเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา หรือร่วมกันกับผู้เรียนในการแก้ไขปัญหานั้น สนใจ ดูแล เอาใจใส่ บอกจุดเน้น และแนะนำผู้เรียนอย่างค่อยเป็นค่อยไป จะทำให้ผู้เรียนอบอุ่น มีความสุข และอยากเรียนรู้ ครูจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะผลักดันให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้

1.4 ตัวผู้เรียน จะต้องปรับแนวคิดในการเรียนรู้ใหม่ เปลี่ยนวัฒนธรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ จากที่เคยนั่งเรียน เขียน อ่าน แต่ในห้องเรียน เรียนเพื่อให้สามารถทำคะแนนในการสอบให้ได้ เป็นผู้รับความรู้อย่างเดียว ต้องรู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอย่างมีแบบแผน มีกระบวนการ มีลำดับขั้นตอน มีการเลือกแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับตนการเรียนรู้จึงจะยั่งยืน และอาจเกิดการสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองได้ด้วย จึงจะเกิดความรู้สึกภูมิใจในตัวเอง กล้าที่จะคิดนอกกรอบภายใต้ความถูกต้องและดีงาม ผู้เรียนจึงจะเป็นมนุษย์โดยสมบูรณ์ต่อไป นอกจากนี้การที่จะเกิดกระบวนการเรียนรู้ในตัวผู้เรียน จะต้องอาศัยความสนใจ ความเอาใจใส่ ความมานะอดทน ความเพียรพยายาม ความอยากรู้อยากเห็น อยากทำความเข้าใจเมื่อประสบปัญหา เมื่อมีข้อมูลจึงใช้ความรู้พื้นฐานในการตัดสินใจ รู้จักเป็นผู้ใช้ความรู้ไม่ใช่แค่มีความรู้(ไชยพงษ์,2551) ซึ่งเป็นคุณลักษณะการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นตัวผลักดันให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ในตัวผู้เรียนขึ้น และอีกอย่างที่สำคัญตัวผู้เรียนต้องมีพื้นฐานความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีสะสมอยู่แล้วก่อนเรียนจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้ดี

1.5 สภาพแวดล้อมและบรรยากาศในการเรียน เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ในขณะที่เรียนควรส่งเสริมให้มีบรรยากาศของการเรียน เช่น เงียบ สงบ ในช่วงสืบค้นหาความรู้ให้สามารถอธิบายตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้อย่างมีสมาธิ ในช่วงทำกิจกรรมต้องได้ทำอย่างจริงจัง ไม่มีกิจกรรมอื่นที่ไม่เกี่ยวกับการเรียนแทรก

1.6 กระบวนการกลุ่ม ผู้เรียนมักจะเรียนได้ดีเมื่อมีกลุ่มเพื่อนที่ตนพึงพอใจ ไปไหนไปด้วยกัน สามารถพูดคุย มอบหมาย สั่งการ กันได้

1.7 ระยะเวลาในการเรียน ในการเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ระยะเวลาในการเรียนเป็นเรื่องสำคัญ ต้องมีเวลามากพอสมควร ผู้เรียนจึงจะเข้าใจกระบวนการ ในช่วงแรกเข้าใจยาก พอผู้เรียนเคยชินจะเร็วขึ้น ดังนั้นบางครั้งจึงต้องใช้เวลานอกเวลาเรียนในการสืบค้นหาความรู้และทำกิจกรรม

2. สรุปผลการประเมินยุทธศาสตร์เมตาคอนิชั่น จากตารางที่ 2 สามารถอภิปรายในแต่ละยุทธวิธีของเมตาคอนิชั่นดังนี้

2.1 เนื้อหาที่เรียน ผู้เรียนสนใจเรื่องใกล้ตัวมากกว่าเรื่องไกลตัว ผู้เรียนไม่สนใจการเตรียมการเพื่ออนาคต มองไม่กว้างและไกล สนใจแต่เรื่องปัจจุบันใกล้ตัวเท่านั้น เรื่องพลังงานนิวเคลียร์ ..อะตอมเพื่ออนาคต ทุกยุทธวิธีอยู่ในระดับต่ำโดยเฉพาะการเชื่อมโยงประสบการณ์ แสดงว่าผู้เรียนไม่มีความรู้เดิมเลยไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ ทำให้การพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคอนิชั่นในระดับสูงทำได้น้อย

2.2 ตัวผู้เรียน เกิดการพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคอนิชั่นในระดับต่ำ คืออยู่เพียงระดับ 1 และ 2 เป็นส่วนใหญ่ในทุกยุทธวิธีทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยหลักอยู่ที่ตัวนักเรียนเอง และความสามารถเฉพาะบุคคล ความไม่เคยชินกับการฝึกคิด และการหาความรู้ด้วยตนเอง ไม่ตระหนักและไม่เห็นความสำคัญ ไม่กล้าแสดงออก อาจแล้วแต่ อะไรก็ได้ ง่ายๆ สบายๆ จึงนิ่งเฉย คนเรียนเก่งหรือเรียนดี มักเป็นที่ยอมรับให้เป็นผู้ลงมือทำกิจกรรมก่อน และมักมีเมตาคอนิชั่นเร็วกว่าคนเรียนอ่อนหรือคนที่เรียนช้า การพัฒนาเมตาคอนิชั่นต้องอาศัยประสบการณ์เดิมของผู้เรียน ความสนใจ การติดตามข่าวสาร สถานการณ์และสื่อต่างๆ การได้พบเห็นด้วยตนเองเป็นประสบการณ์ตรง นอกจากนี้ยังมีผู้เรียนที่เข้าใจผิดในบางประเด็นความรู้ ไม่ให้ความสำคัญกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่สนใจและให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยี ไม่สนใจว่าเทคโนโลยีนั้นได้มาอย่างไร

2.3 แผนการจัดการเรียนรู้ ไม่ส่งผลต่อการพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคอนิชั่น จะเกิดการพัฒนามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นไม่เกี่ยวกับการสอนก่อนหลัง ไม่เหมือนการพัฒนากระบวนการเรียนรู้

2.4 การสอนแบบเป็นกระบวนการหรือวิธีการสอน เช่น Trip RIP Model หรือ STS Approach ที่ผู้วิจัยใช้ในการพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคอนิชั่น หรือแบบอื่นๆ ไม่สามารถพัฒนา

พฤติกรรมหรือการแสดงออก ที่เป็นเมตาคอนิชันในระดับสูงหรือระดับลึกได้ เนื่องจากต้องให้เป็นไปตามขั้นตอนการสอนเพื่อฝึกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เห็นพฤติกรรมที่แสดงออกอย่างชัดเจน อาจเหมาะสมกับการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ การคิด การสร้างองค์ความรู้ หรือเหมาะสมกับการวัดการตัดสินใจของผู้เรียนมากกว่าการพัฒนาเมตาคอนิชัน ผู้วิจัยคิดว่า ถ้าเป็นกิจกรรมการแก้ปัญหา หรือ สถานการณ์(performance task) โดยปล่อยให้ผู้เรียนจับกลุ่มกันทำกิจกรรม แก้ปัญหาร่วมกัน น่าจะทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาเมตาคอนิชันในระดับสูงหรือระดับลึกได้ เพราะผู้เรียนมีเวลา ได้ปรึกษาหารือ พูดคุย เรียนรู้ ทบทวน แก้ปัญหา ย้อนกลับได้ด้วยตนเอง อาจช้าบ้าง เร็วบ้าง โดยไม่ต้องอยู่ในกรอบของเวลามากนัก จะทำให้เห็นเมตาคอนิชันในระดับสูงหรือต่ำตามความเป็นจริงของบุคคล

2.5 กิจกรรมการเรียนการสอนทั้งชั้น จากการทำวิจัยมาแล้วพบว่า การสอนรวมทั้งชั้นไม่เหมาะในการพัฒนาเมตาคอนิชัน เพราะจำนวนนักเรียนมาก การประเมินเมตาคอนิชันทำได้ยาก ดูแลไม่ทั่วถึง ไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่มองเห็น ไม่ได้ชัดเจน บางพฤติกรรมของเมตาคอนิชันไม่อาจเขียนหรือบรรยายออกมาได้ต้องอาศัยการสังเกตจากผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัย เช่น การนั่งคิด การพูดทบทวนคำถาม การอ่านทบทวนคำถาม การกัดหรือหม่นปากกาขณะคิด การแกะสิวแกะเล็บ การดึงเส้นผมโดยไม่รู้ตัวขณะทบทวน การแก้ไขคำตอบในแบบบันทึก การขุดลบขีดฆ่าหรือใช้น้ำยาลบคำผิด การใช้มือปิดปากขณะจ้องดูคำถาม เหล่านี้ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเร็วมาก การเก็บข้อมูลจึงค่อนข้างยาก การบันทึกหรือสัมภาษณ์อาจไม่เพียงพอ ต้องอาศัยการบันทึกด้วยวิดีโอ ซึ่งต้องใช้หลายเครื่องจึงจะทั่วถึงทั้งชั้น อาจรบกวนการเรียนหรือพฤติกรรมการเรียนปกติ ทำให้ผลการศึกษาคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องได้

2.6 การไม่เกิดเมตาคอนิชัน(ระดับ 0) นั้นของทุกยุทธวิธีมีแนวโน้มลดลง ถ้าทำการฝึกและพัฒนาอยู่บ่อยๆ จากที่ไม่เกิดเมตาคอนิชันจะทำให้ผู้เรียนเกิดได้ แต่ไม่มีแนวโน้มว่าจะทำให้เกิดพฤติกรรมในระดับสูงได้ และเมตาคอนิชันสามารถแยกได้เป็นระดับ ตามระดับคุณภาพ แต่ละคนจะมีเมตาคอนิชันมากน้อยต่างกัน และจะแตกต่างกันแล้วแต่ละยุทธวิธี บางคนยุทธวิธีที่ 1 อยู่ในระดับ 3 แต่ยุทธวิธีที่ 2 กลับลงไปอยู่ในระดับ 1 เป็นต้น

2.7 ครูผู้สอน คือบุคคลสำคัญที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคอนิชัน และชี้ให้เห็นจุดบกพร่อง จุดที่แตกต่าง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนนึกคิด ทบทวน วางแผน กำกับ ควบคุม ประเมินการเรียนรู้และสร้างเมตาคอนิชันให้เกิดขึ้น

2.8 ยุทธวิธีเมตาคอนิชัน ในแต่ละยุทธวิธีค่อนข้างมีกระบวนการที่นำมาปฏิบัติยาก ลึกซึ้ง ต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง ทำอยู่เรื่อยๆ ให้เคยชิน ต้องฝึกฝนตั้งแต่อายุน้อย จึงจะเกิดและติดเป็นนิสัย นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความพร้อมในทุกๆ ด้าน เช่น ตัวผู้เรียน อารมณ์ ครู เวลา สถานที่ สิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมในการสร้างให้ผู้เรียนเกิดเมตาคอนิชัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่กรุณาชี้แนะ ข้อควรปรับปรุงแก้ไขอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานวิจัย ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะครู และนักเรียนโรงเรียนฝางวิทยายน ที่ส่งเสริม สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้

คุณประโยชน์และคุณค่าของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องสักการะบูชาพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ ที่มีส่วนวางรากฐานชีวิตการศึกษาและการทำงานอย่างมีคุณภาพของผู้วิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิชาการ. (2544). **คู่มือการพัฒนาโรงเรียนเข้าสู่มาตรฐานการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
2. กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
3. ชาย โพธิ์สีดา.(2549).**ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ**.กรุงเทพฯ:อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.
4. ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ. (2551). **การสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน** เมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์และวันที่ 7 มีนาคม 2551.
5. โชคชัย ยืนยง. (2550). **การใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมในการจัดการเรียนการสอน**. วารสารวิชาการ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
6. ทิสนา เขมมณี และคณะ. (2546). **การเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
7. พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). **วิทยาการด้านการคิด(เมตาคอกนิชัน)**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
8. วรารัตน ศิริอุเทน. (2550). **การพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้ Trip RIP Model**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
9. วรารัตน ศิริอุเทน. (2550). **การพัฒนากระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชันทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม(STS).” กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนฝางวิทยายน จังหวัดขอนแก่น.

10. ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2546ก). **การจัดสาระการเรียนรู้
กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**.กรุงเทพมหานคร:สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.

11. Aikenhead, G. 1994. "**Consequences to Learning Science Through STS:
A Research**". pp. 169-186. in J. Solomon and G. Aikenhead (eds.). STS Education: International
Perspectives on Reform. New York: Teacher College Press.

12. Beyer, (1987) B. **Practical strategies for the teaching of thinking**. Boston: Allyn and
Bacon.

13. Flavell, J.H. (1985). **Cognitive Development**. New Jersey: Prentice Hall.
Schoenfeld, A. H. (1992). **Learning to Think mathematically : Problem solving,
Metacognition, And Sence Making in Mathematics**. In D.A. Grouws(ed.), Hanbook
of Research on Mathematical Teaching and Learning. New York: McMillan. 344-370.

14. Tsai, Chin-Chang. (1999). "**The Progression Toward Constructivist
Epistemological Views of Science : A Case Study of the STS Instruction of
Taiwanese High School Female Students**". International Journal of Science
Education. 21(11): 1201-1222.

15. Yuenyong, C. (2006). **Teaching and Learning about Energy : Using STS approach**.
Bangkok. Thailand : Thesis of Doctoral Degree in Science Education, Kasetsart University.