

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุป

จุดประสงค์ของการวิจัย

จุดประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารของนักเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตสถาบันราชภัฏ สิงหලฯ ปีการศึกษา 2535 จำนวน 3 กลุ่ม คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 3 และ 5 (คัดเลือกนักเรียนอายุ 6-7, 8-9 และ 10-11 ปี ตามลำดับ) กลุ่มละ 20 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (คัดเลือกนักเรียนอายุ 12-13 ปี) โรงเรียนวนารีเฉลิม และ โรงเรียนมหาชีราฐ จังหวัดสิงหලฯ โรงเรียนละ 10 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 80 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ วัตถุ และปรากฏการณ์จริง เทปบันทึกเสียง และแบบบันทึกการสัมภาษณ์

วิธีการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลตามแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ (The Interview-about-instances) (Osborne & Gilbert, 1980a) โดยมีการนำเสนอบันทึก และปรากฏการณ์จริงประกอบ ผู้วิจัยสัมภาษณ์ตัวยตนเองทั้งหมด ในช่วงเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2536 โดยใช้เวลาสัมภาษณ์คนละประมาณ 30 นาที

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือสถิติเชิงพรรณ

ผลการวิจัย

- นักเรียนในระดับชั้นต่ำ ๆ (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนรู้เรื่องสารมา ก่อนอธิบายความหมายของคำว่า “สาร” ในท้องของคำว่า

วัตถุ และสิ่งของ โดยการบ่งบอกหน้าที่ และ ยกตัวอย่างประกอบ แม้ว่าเด็กเรียนทุกระดับชั้นจะอธิบายความหมายของสารโดยการบ่งบอกสมบัติ แต่จะปรากฏมากในนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป ซึ่งเดยผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาแล้ว ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 65 % และมีชัยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 70 % ที่ให้ความหมายของสารโดยการเชื่อมโยงกับสมบัติที่เกี่ยวกับน้ำหนัก และ/หรือปริมาตร ซึ่งเป็นสมบัติภายในของสารที่เป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ไม่มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 คิดที่ให้ความหมายในลักษณะดังกล่าว

2. นักเรียนในระดับชั้นต่อ ๆ (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อนมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารน้อยมาก กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้จะมีความคิดว่า ของแข็ง ของเหลว และวัสดุชีวภาพบางชนิด และก้าชไม่ใช่สาร แต่ไม่มีปัญหาในการจำแนกลงที่ไม่ใช่สารให้อยู่ในกลุ่มของสาร ยกเว้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาแล้วมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารมากขึ้นแต่ก็ต่างจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 อายุยังเห็นได้ชัดเจน กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มนี้จะมีความคิดว่า ของแข็ง ของเหลว วัสดุชีวภาพ และก้าช เป็นสาร และจะไม่จำแนกลงที่เป็นสารให้อยู่ในกลุ่มที่ไม่ใช่สาร ยกเว้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ยังมีปัญหาในการจำแนกของเหลว และก้าชอยู่บ้าง จะอย่างไรก็ตาม พนวณว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ โดยเฉพาะชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลับมีปัญหาในการจำแนกลงที่สัมพันธ์กับสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สารมากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 กล่าวคือ มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวนมากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 ที่คิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สารเป็นสาร แต่ปัญหานี้จะลดลงในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กล่าวคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวนน้อยกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (แต่

มากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3) ที่คิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสารเป็นสาร แต่ไม่มีปัญหาในการจำแนกลงที่ไม่ใช่สารให้อยู่ในกลุ่มที่จัดว่าเป็นสาร

3. นักเรียนในระดับชั้นต่อไป (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อนจะบอกเหตุผลที่คิดว่า ของแข็ง ของเหลว วัสดุชีวภาพ และอากาศเป็นสาร โดยการระบุหน้าที่ ประโยชน์ของของลึกลับนั้น ๆ เป็นหลัก นักเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ขึ้นไป นอกจากจะให้เหตุผลโดยการระบุหน้าที่แล้ว เขายังเริ่มบอกเหตุผลโดยการระบุสมบัติของสิ่งนั้น ๆ มากขึ้น และภาษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป นักเรียนเกือบทั้งหมดจะอธิบายเหตุผลที่คิดว่าสิ่งต่าง ๆ เป็นสารโดยการระบุสมบัติของสิ่งนั้น ๆ เป็นเกณฑ์

สรุป

จากการวิจัยสรุปได้ว่า

1. นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อนมักคิดถึงสารในรูปของของแข็งที่สามารถมองเห็นได้ และ มีประโยชน์ใช้สอยได้ ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาแล้วจะคิดถึงสารในทุกสถานะและสัมพันธ์กับสมบัติของสารเป็นหลัก

2. นักเรียนส่วนใหญ่ทั้งที่ผ่าน และไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาก่อนมีความคิดว่า สารต้องมีตัวตนมองเห็นได้ สัมผัสได้ จับต้องได้

3. ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 1 มีแนวโน้มพัฒนาไปตามประสบการณ์ในโรงเรียน อายุang เห็นได้ชัดเจน

4. นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดว่า ก๊าซไม่ใช่สาร

5. นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาแล้วมีแนวโน้มที่คิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสารเป็นสารมากกว่านักเรียนที่ยังไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อน

6. นักเรียนส่วนใหญ่ทึ้งที่ผ่าน และไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาก่อนให้เหตุผลในการจำแนกสารตามความหมายของสารที่เข้าให้นิยาม แต่ก็มีนักเรียนอีกไม่น้อยที่บอกเหตุผลในการจำแนกไม่ได้ และบางคนให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับความหมายของสารที่ตนอธิบาย แสดงว่า นักเรียนมีความรู้แต่ไม่เข้าใจ

อภิปราย

1. จากผลการวิจัยนี้พบว่า นักเรียนในระดับชั้นต่อๆ ไป (ประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3) ซึ่งไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อน มีแนวโน้มที่จะให้ความหมายของคำว่าสาร ในเทอมของวัตถุ หรือสิ่งของ โดยการยกตัวอย่างสิ่งที่เป็นของแข็ง และ/หรือโดยการระบุหน้าที่ หรือประโยชน์ของสารมากกว่าแบบอื่น แสดงให้เห็นว่า ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารของเด็กในระดับนี้สัมพันธ์กับวัตถุ สิ่งของที่มีตัวตน หรือเป็นของแข็งซึ่งมีรูปร่างที่ปรากฏให้เห็นชัดเจน (Modelable) หรือสัมพันธ์กับวัตถุ สิ่งของที่มีประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น โต๊ะ เก้าอี้ หนังสือ พลาสติก วิทยุ ช้อน ช้อม เป็นต้น จึงอาจกล่าวได้ว่า รูปแบบทางความคิดเกี่ยวกับสารของเด็กระดับนี้เป็นความคิดความเข้าใจแบบง่าย ๆ (Alternative ideas) ซึ่งพัฒนามาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันเป็นหลัก นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า รูปแบบทางความคิด เช่นนี้คงมีอยู่ในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และมัธยมศึกษาปีที่ 1 แสดงว่ารูปแบบทางความคิดแบบง่าย ๆ นี้ยังคงมีอยู่ในนักเรียนอย่างคงทนแม้เข้าเหล่านี้จะผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาแล้วก็ตาม ผลการวิจัยนี้จึงสนับสนุนข้อสรุปของ Halloren และ Hestenes (1985) อนึ่งผลการศึกษาทั้งหมดนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Stavy (1991) ในอิสราเอล ส่วนนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาแล้วมีความคิดเกี่ยวกับสารทั้ง 3 สถานะในแบบของคุณสมบัติ และมีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 65 % และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 70 % ที่สามารถเชื่อมโยงความหมายของสารสัมพันธ์กับสมบัติได้น้ำหนัก

และปริมาตร ซึ่งเป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific views) ในขณะที่ไม่มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 3 คนใดที่ให้ความหมายต่างกันล่าว จึงแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารของนักเรียนที่ศึกษาครั้งสั้นนวนี้มีพัฒนาไปตามประสบการณ์การเรียนในโรงเรียนอย่างเห็นได้ชัด เช่นอย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้จะแตกต่างจากการศึกษาของ Stavy (1991) เล็กน้อย ก็ตามที่ ในการศึกษานี้ Stavy รายงานว่า มีเพียง 10 % ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างของสารมาแล้วที่สามารถเชื่อมโยงความหมายของสารสัมพันธ์กันน้ำหนัก และปริมาตรได้

2. จากผลการวิจัยนี้ปรากฏว่า ของแข็งที่มีรูปทรงไม่แน่นอน และ ที่มีรูปทรงแน่นอนเป็นที่ยอมรับว่า เป็นสารโดยนักเรียนส่วนใหญ่ทั้งที่ผ่าน และ ไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาก่อน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า น้ำแข็งได้รับการยอมรับว่า เป็นสารจากนักเรียนจำนวนน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ว่า น้ำแข็งเป็นสารสามัญมากในชีวิตประจำวัน และ ไม่คงรูป ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มักคิดว่าสารต้องเป็นของแข็งที่คงรูป ผลการวิจัยนักสอดคล้องกับการศึกษาของ Stavy (1991)

โดยเฉลี่ยแล้วของแข็งที่เป็นผงได้รับการยอมรับว่า เป็นสารโดยนักเรียนส่วนใหญ่ เช่นเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่ผ่าน และ ไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาก่อน ปรากฏว่า นักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อนจำนวนน้อยที่คิดว่าของแข็งที่เป็นผง เป็นสาร ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสารมาแล้วจำนวนมาก (เกือบ 100 %) ที่คิดว่าของแข็งที่เป็นผง เป็นสาร เป็นที่น่าสังเกตว่า ในบรรดาของแข็งที่เป็นผง ปรากฏว่า แบ่ง ได้รับการยอมรับว่า เป็นสารจากนักเรียนผู้ซึ่งยังไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารน้อยที่สุด จึงอาจเป็นไปได้ว่า แบ่งมีลักษณะเป็นผงซึ่งนักเรียนในระดับนี้ไม่ได้คิดว่าของแข็งที่เป็นผง เป็นสาร สำหรับผลการวิจัยนี้แตกต่างจากการศึกษาของ Stavy (1991) ที่สรุปว่า ในบรรดาคนล้วน

ของแท้ที่เป็นผง ปรากฏว่า ดิน ได้รับการยอมรับว่าเป็นสสารจากนักเรียนจำนวนน้อยที่สุด โดย Stavy วิจารณ์ว่า เหตุผลที่น่าเป็นไปได้คือ เด็กในระดับนี้อาจไม่ได้คิดว่าดินเป็นสิ่งที่เราจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ หรืออาจเป็นไปได้ว่า ดิน เป็นสิ่งธรรมดามากในชีวิตประจำวันจนกระทั่งนักเรียนไม่คิดว่าดินเป็นวัตถุ

โดยเฉลี่ยแล้ว ของเหลว และวัสดุชีวภาพก็ เช่นเดียวกันได้รับการยอมรับจากนักเรียนส่วนใหญ่ว่าเป็นสสาร และก็ เช่นเดียวกันคือ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่ผ่าน และไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารในโรงเรียนมาก่อน ปรากฏว่า นักเรียนที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อนจำนวนน้อยที่คิดว่า ของเหลว และวัสดุชีวภาพเป็นสสาร ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ชั้นผ่านการเรียนเรื่องสารมาแล้วจำนวนมาก (เกือบ 100 %) ที่คิดว่าของเหลว และวัสดุชีวภาพเป็นสสาร เป็นที่น่าสังเกตคือ น้ำ ได้รับการยอมรับจากนักเรียนที่ไม่ผ่านการเรียนเรื่องสารมาก่อนว่า เป็นสารน้อยกว่าของเหลวชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้อาจ เป็นไปได้ว่า น้ำเป็นสิ่งสามัญในชีวิตประจำวันมากจนนักเรียนไม่คิดว่าน้ำเป็นสสาร สำหรับวัสดุชีวภาพนั้น คุณอนันว่า จะเป็นการยากที่เด็กเล็ก ๆ ซึ่งไม่เคยเรียนเรื่องสารมาก่อนจะยอมรับว่า ส่วนของร่างกายของสิ่งมีชีวิต เป็นสสาร ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของคนอื่น ๆ (Stavy, 1991; Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987)

นอกจากนี้ยังพบว่า การยอมรับว่า อาการเป็นสารนั้นยังเป็นปัญหา เช่นเดียวกับการศึกษาของคนอื่น ๆ (Furio Mas, Perez, & Harris, 1987; Lee et al., 1990; Sere, 1985; Stavy, 1990, 1991) กล่าวคือ มีนักเรียนผู้ซึ่งไม่เคยเรียนเรื่องสารมาก่อนเพียง 7.5% ที่ยอมรับว่า อาการเป็นสาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า นักเรียนกลุ่มนี้ยังมีความคิดแบบง่าย ๆ ว่าสารต้องเป็นของแข็ง มีตัวตน มีองค์ประกอบ แต่เด็กต้องได้เท่านั้น แต่การยอมรับว่า อาการเป็นสารจะเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนในนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องสารมาแล้ว คือมีถึง 70% จะอย่างไรก็ตามมีข้อที่น่าสังเกตคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวนน้อย

กว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (55 และ 85% ตามลำดับ) ที่คิดว่าอาการเป็นสสาร จึงน่าจะเป็นไปได้ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 นั้นเพิ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาไม่นาน จึงมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารถูกต้อง ส่วนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งแม้เคยศึกษาเรื่องสสารมาแล้ว เมื่อเรียนอยู่ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จึงอาจจะลืมเลือนไปบ้าง แต่สิ่งที่คงอยู่คือความคิดแบบง่าย ๆ เช่นเดียวกับเด็กเล็ก ๆ ที่ยังไม่เคยผ่านการเรียนในโรงเรียนมาก่อน ซึ่งก็สอดคล้องกับข้อสรุปของ Halloren และ Hestenes (1985) ที่กล่าวว่าบ่อยครั้งที่พบว่า นักเรียนมักจะเก็บความคิดแบบง่าย ๆ (Alternative ideas) ไว้อย่างหนียวแน่นแม้จะผ่านการเรียนในโรงเรียนมาแล้วก็ตาม

มีนักเรียนถึง 37.8% จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ตอบว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสสารเป็นสสาร แสดงว่า ยังมีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างตัวสสารเอง และสิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร หรือสมบัติบางประการอันเป็นสมบัติภายนอกของสสารได้ ซึ่งผลตั้งกล่าวนี้ก็ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Stavy (1991) ที่สรุปว่า 30% ของนักเรียนทั้งหมดที่เข้าศึกษามีความคิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสสารเป็นสสาร มีข้อที่น่าสังเกตอย่างยิ่งคือ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วจำนวนมากกว่าผู้ที่ยังไม่เรียนเรื่องสสารมาก่อน ที่มีความคิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร เป็นสสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาไม่นาน) จำนวนมากที่สุด ในขณะที่มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องสสารมาแล้ว 1 ปี) จำนวนน้อยกว่า เล็กน้อยที่มีความคิดตั้งกล่าว จึงอาจเป็นไปได้ว่า นักเรียนต้องมีความสับสนอย่างรบกวนจากการเรียนเรื่องสสารในชั้นเรียนอย่างแน่นอน ข้อสังเกตที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งก็คือ ในบรรดาสิ่งที่สัมพันธ์กับสสารทั้งหมดนั้น ปรากฏว่า ลม ได้รับการยอมรับว่า เป็นสสารจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มากที่สุด (70%) และ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Stavy ที่พบว่า มีนักเรียนเกรด 7 ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องโครงสร้างของสสารมาแล้วถึง 40% ที่มีความคิดดัง

กล่าว ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่านักเรียนในระดับชั้นอนุฯ ๆ ที่ไม่เคยเรียนเรื่องสสาร จึงอาจเป็นไปได้ว่า นักเรียนผู้ซึ่งฝ่าฝืนการเรียนเรื่องสสารมาแล้วทั้งในประเทศไทย และอิสราเอลคงมีความสับสนระหว่างความหมายของคำว่า ลม และ อากาศ

แม้ว่าความสามารถในการจำแนกสิ่งที่ไม่ใช่สสารของนักเรียนจะพัฒนาไปตามประสบการณ์ แต่ก็ยังมีปัญหา เช่นกัน กล่าวคือ มีเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 46.7% (ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุด) ที่คิดว่า สิ่งที่ไม่ใช่สสาร เป็นสสาร ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เพียง 11.7% เท่านั้นที่มีความคิดตั้งกล่าว จึงอาจจะกล่าวได้ว่า ความสับสนตั้งกล่าวนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากการสอนเรื่องสสารในโรงเรียนเป็นสำคัญ อนึ่ง เมื่อพิจารณาโดยเฉลี่ยแล้วจะพบว่า นักเรียนถึง 23.33% ที่ยังคิดว่า สิ่งที่ไม่ใช่สสาร เป็นสสาร ในขณะที่ Stavy (1991) รายงานว่า นักเรียนอิสราเอล เพียง 10.8% ที่มีความคิดตั้งกล่าว

กล่าวโดยภาพรวม ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Stavy (1991) ต่างกันเพียงเบอร์เซนต์และลำดับของการจำแนกเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ นักเรียนที่ Stavy ศึกษา 78.4, 69.1, 66.2, 57.0, 48.7, 29.0, 23.7 และ 10.8 เบอร์เซนต์ ที่บอกว่า ของแข็งที่เป็นผง ของแข็งที่มีรูปทรงแน่นอน ของแข็งที่มีรูปทรงไม่นอน ของเหลว วัสดุชีวภาพ สิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร ก้าช และสิ่งที่ไม่ใช่สสาร เป็นสสารตามลำดับ ในขณะที่นักเรียนที่ศึกษาครั้งนี้ 82.50, 78.33, 69.06, 61.25, 61.25, 38.75, 37.81 และ 23.33 เบอร์เซนต์ ที่บอกว่า ของแข็งที่มีรูปทรงไม่นอน ของแข็งที่มีรูปทรงแน่นอน ของแข็งที่เป็นผง ของเหลว วัสดุชีวภาพ ก้าช สิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สสาร เป็นสสารตามลำดับ

อนึ่ง เมื่อพิจารณาดูการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารของนักเรียน ที่มีอายุในช่วงต่าง ๆ กัน (6-13 ปี) ในแต่ละกลุ่มที่มีประสบการณ์ต่างกัน ก็พบว่า ยังสรุปชัดเจนไม่ได้ แต่แนวโน้มที่ปรากฏคือ นักเรียนที่มีอายุในช่วงนี้มีพัฒนาการทางความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารคล้ายคลึงกัน และยังคงมีความคิดแบบง่าย ๆ เหมือนที่ Driver และ Easley (1978) กล่าวไว้

3. แม้การวิจัยครั้งนี้จะชี้ให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่เรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วจะมีความคิดเกี่ยวกับสสารในลักษณะที่เป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ดังที่อภิปรายในข้อ 1. ก็ตาม แต่จากผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือผิดพลาด (Misconception) เกี่ยวกับสสาร บางประการ ตั้งจะเห็นได้จากตัวอย่างการให้ความหมายของสสารว่า หมายถึง สิ่งที่มีตัวตน มองเห็นได้ สัมผัสได้ จับต้องได้ มีน้ำหนัก และต้องการท่อญี่ ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจเมื่อถามให้นักเรียนจำแนกสิ่งที่นำเสนอว่า สิ่งใดเป็นสสาร หรือไม่ใช่สสาร เพราะเหตุใด แล้วนักเรียนตอบว่า อากาศไม่ใช่สสาร เพราะอากาศไม่มีตัวตน มองไม่เห็น จับต้องไม่ได้ ส่วนความร้อนไฟ และ แสง เป็นสสาร เพราะสามารถมองเห็นได้ สัมผัสได้ ซึ่งทั้งหมดนักเรียนก็สอดคล้องกับข้อสรุปที่ Lee et al. (1990) รายงานไว้ นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกหลายคนตอบว่า นม น้ำ proto เป็นสสาร เนื่องจากต้องการท่อญี่ ถ้าไม่มีท่อญี่มันจะไม่หลีก และบอกว่า เหล็ก ไม่ตอกไม่ แล้วส่วนของร่างกาย ไม่ใช่สสาร เพราะว่ามันมีท่อญี่ของมันเองแล้ว จึงไม่ต้องการท่อญี่ จึงอาจแปลได้ว่า ท่อญี่ในความหมายของนักเรียน หมายถึงภาษาและที่บรรจุ มิใช่ที่ว่าง หรือบวมๆ ที่วัตถุสามารถครอบครองอันเนื่องจากการมีมวล และจากการที่มีนักเรียนจำนวนมากขึ้นก็มีความคิดว่า สิ่งที่สัมพันธ์กับสสาร และสิ่งที่ไม่ใช่สสาร เป็นสสารหลังจากที่มีการเรียนเรื่องสสารในชั้นเรียนมาแล้วเป็นเครื่องซึ่งให้เห็นว่าการพัฒนาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารมีผลต่อเนื่องมาจากประสบการณ์ในโรงเรียนอย่างแน่นอน

สิ่งต่อไปนี้คือ ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุหลักที่นำไปสู่การเป็นเหตุให้นักเรียนมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารผิดพลาด

- 1) แบบเรียน หนังสืออ่านประกอบ และคู่มือครุ เมื่อพิจารณาหนังสือเรียน หนังสืออ่านประกอบ คู่มือครุ และแนวการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2524; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ [สสวท], 2532;) ต่างก็ให้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับค่าว่า สสาร ในทำนอง

เดียวกัน คือ สสาร เป็นสิ่งที่สามารถสัมผัสได้ต้องการที่อยู่และมีน้ำหนัก ส่วน อุณหภูมิ รัศมิศาสตร์ และ ปฏิกิริยา (มปพ) เขียนว่า "สาร คือสิ่งต่าง ๆ ที่ อยู่รอบตัวเรา และต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ และสัมผัสได้" (หน้า 183) นอกจากนี้ มากอุด, ลิมสัมพันธ์ และ เหล่าพาณิชย์ (มปพ) ยัง ระบุสิ่งที่ของสารนอกเหนือจากน้ำว่า "สามารถจับต้องได้ด้วย" (หน้า 125) ตั้งนี้น ถ้าครุสอนเรื่องสารในชั้นเรียนของตนโดยตัวเนินการสอนตามหนังสือ และ คุณอ เหล่านี้ หรือนักเรียนศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองโดยใช้หนังสือเหล่านี้ ก็ไม่น่าแปลกใจ ที่จะพบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ มัธยมศึกษาปีที่ 1 ตอบว่า "สาร คือสิ่ง ที่อยู่รอบตัวเรา มีตัวตน มองเห็นได้ มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ สัมผัสได้ จับต้องได้" และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวนมากที่บอกว่า ไฟ ความร้อน และ แสง ต่างก็เป็นสาร เพราะสามารถสัมผัสได้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อีก หลายคนที่มีความคิดว่าอากาศไม่ใช่สาร เพราะ ไม่มีตัวตน จับต้องไม่ได้ และ มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า

2) ปัญหาอันเนื่องมาจากการตัวครุ

(1) วิธีการสอนของครุ จากการที่พบร่วมกันว่า เด็กสามารถให้ความ หมายของคำว่าสารเป็นรูปแบบที่คล้ายคลึงกันว่า "สาร คือสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา มี ตัวตน มีน้ำหนัก ต้องการที่อยู่ สัมผัสได้" แต่เมื่อถามเหตุผลว่า ทำไมเขาจึงจัดสิ่ง ต่าง ๆ ที่นำมาให้ดูว่าเป็นสาร หรือไม่ใช่สาร มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ไม่ สามารถให้เหตุผลได้ ทั้ง ๆ ที่สามารถให้ความหมายของสารได้ (มีความรู้) แต่ไม่เข้าใจอย่าง แท้จริงว่า สารคืออะไร และต้องมีสมบัติอะไรเป็นสำคัญ เมื่อผลเป็นเช่นนี้ น่าจะ แปลความต่อไปได้ว่า วิธีการเรียนสอนการสอนในโรงเรียนคงจะใช้วิธีการบอกให้ นักเรียนทราบ แม้จะมีการทดลองก็คงจะเป็นการทดลองเพื่อยืนยันความรู้ที่ครุบอก มา กว่า การสอนโดยการให้นักเรียนพัฒนาความคิด ความเข้าใจจากผลการทดลอง

(2) ภาษาที่ครูใช้ จากการที่นักเรียนผู้่านการเรียนเรื่องสสารในโรงเรียนมาแล้วตอบว่า نم ปراอห และน้ำเป็นสสาร เพราะ ต้องการที่อยู่ ถ้าไม่มี ก็อยู่มันจะไหลไปที่อื่น และตอบว่าตอบไม่ ส่วนของร่างกาย ฯลฯ ไม่ใช่สสาร เพราะมันมีที่อยู่ของมันเองแล้ว แสดงให้เห็นจริงตามที่ Bell และ Freyberg (1985) กล่าวไว้ คือ เมื่อครูใช้ภาษาที่เกี่ยวข้องกับคำที่นักเรียนคุ้นเคยในความหมายพิเศษในบทเรียนวิทยาศาสตร์ ความสัมสโนจะเกิดขึ้นทันที เพราะว่าทึ่ง ครู และนักเรียนต่างก็ไม่ทราบ (ถ้าไม่มีการวิเคราะห์) ว่า นี่คือต้นเหตุของปัญหาภาษาง่าย ๆ ที่ครูใช้ในที่นี่คือ "ต้องการที่อยู่" และคิดว่านักเรียนเดยทราบมาแล้ว แต่ครูหารู้ไม่ว่าความหมายที่แท้จริงที่ครูตั้งใจจะสื่อในเชิงวิทยาศาสตร์ (ต้องการที่อยู่ = สามารถครอบครองที่ว่าง) นั่นต่างจากที่นักเรียนคิดและแปลความ (ต้องการที่อยู่ = ภาษาและสำหรับบรรจุ) ดังนั้นความเข้าใจไม่ตรงกันจึงเกิดขึ้นโดยทั่ง ครู และ นักเรียนต่างก็ไม่ทราบ เพราะไม่มีการวิเคราะห์ ปรากฏการณ์ท่านองนี้มีในรายงานการวิจัยของ Bell และ Barker (1982)

(3) ตัวครูเองมีความคิดความเข้าใจที่ผิดพลาดเกี่ยวกับสสาร แล้ว ส่งผ่านความคิดที่ไม่ถูกต้องนั้นไปสู่นักเรียนก็อาจเป็นได้

ข้อเสนอแนะ

กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ยังมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสสารไม่สมบูรณ์ทั้งในแง่ของ ความสามารถในการอธิบายความหมาย และการจำแนกสสาร ที่ปรากฏชัดเจนคือ นักเรียนจำนวนมากคิด และเข้าใจว่า สสารคือสิ่งใดก็ตามที่เข้าสามารถมองเห็น และจับต้องได้ ซึ่งได้แก่ ของแข็ง และนักเรียนยังแยกความแตกต่างระหว่างสสาร และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสสารไม่ได้ ดังนั้นจึงเป็นภาระกิจจะสอนนักเรียน เรื่องทฤษฎีอนุภาคของสสาร โครงสร้างของสสาร และมโนมติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับสสารในเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจอย่างแท้จริงว่าสสารคืออะไร และไม่ได้คิดว่า

ก้าชเป็นสสาร (Stavy, 1988) และจะไม่มีประโยชน์อะไรที่จะสอนมโนมติทางชีววิทยา เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ โภชนาการ เป็นต้น ในเมื่อนักเรียนไม่ได้คิดว่า วัสดุทางชีวภาพเป็นสสาร ต่อไปนี้คือข้อเสนอแนะที่คิดว่า่าน่าได้รับความสนใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับประถม และมัธยมศึกษา

1. ควรมีการปรับปรุงการนำเสนอมโนมติเกี่ยวกับสารในหนังสือเรียน คู่มือครูต่าง ๆ ในระดับชั้นที่เริ่มนารุจนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำว่าสาร (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในปัจจุบัน) กล่าวคือการปรับเปลี่ยนนิยามของคำว่าสารสำหรับเด็กในระดับนี้ โดยการให้นิยามความหมายของสารอย่างง่าย ๆ แต่ก็เป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ว่า สารหมายถึง สิ่งที่สามารถครอบคลุมที่ว่าง (มีปริมาตร) และมีมวล (หรือน้ำหนัก) ซึ่งเป็นการเน้นสมบัติภายในที่สำคัญเพียง 2 ประการเท่านั้น คือมวล และปริมาตร ส่วนสมบัติที่ว่า สิ่งใด นั้นแม้มีว่าเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของสาร แต่เป็นสมบัติภายนอกที่ไม่จำเพาะเจาะจงว่าเป็นสมบัติเฉพาะของสาร เพระสิ่งที่ไม่ใช่สาร เช่น ไฟ ความร้อน ก็อาจมีสมบัติดังกล่าวได้ แต่ที่เราไม่จัดไฟ และความร้อนเป็นสาร เพราะสิ่งเหล่านี้ไม่มีมวล และไม่มีปริมาตร

2. มีนักการศึกษาหลายคนกล่าวว่า ครูจำนวนมากมักคิดว่า นักเรียนมาระงเรียนด้วยจิตใจ หรือสมองที่ว่างเปล่า ซึ่งไปกว่านั้นก็คือ ครูบางคนเชื่อว่า การสอนแบบเก่า ๆ ดังที่ปฏิบัติกันมาก็สามารถก่อจิตความเชื่าใจที่ผิดพลาดที่นักเรียนนำติดตัวมาได้ (Gilbert, Osborn & Fensham, 1982; Pope & Gilbert, 1983) ส่วนเด็กที่เก่งแล้วครูก็มักจะเหมาเอาไว้ การสอนโดยการบอกความรู้ที่ถูกต้องให้นั้นเป็นการเพียงพอแล้ว ครูเหล่านี้จึงคิดว่าไม่มีความจำเป็นที่จะไปสอนใจความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการสอน (Boulaoude, 1991) มีงานวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่ได้มาเข้าชั้นเรียนในภาวะว่างเปล่า แต่เขามาด้วยความเชื่าใจของเขาก็อาจเป็นที่ยอมรับ หรือไม่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์ก็ได้ (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Strike, 1983) ซึ่งไป

กว่านั้น งานวิจัยเมื่อไม่นานมานี้ได้เปิดเผยให้เห็นว่า ความเข้าใจเหล่านี้ ไม่ว่าถูกหรือผิดก็ตาม จะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ อ่อน弱 (Hewson, 1982; Shuell, 1987) ดังนั้นครูผู้สอนในระดับชั้นที่สูงกว่าชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และกำลังจะสอนมโนมติใหม่ที่เกี่ยวข้องกับสารบบประถมลึกไว้ว่า นักเรียนที่อยู่ในชั้นของท่านจะมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสารบบประถมลึกที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สมบูรณ์ เพราะฉันก่อนที่ท่านจะสอนมโนมติใหม่ที่เกี่ยวข้องกับสารบบประถมลึกไว้ว่า นักเรียนที่อยู่ในชั้นของท่านจะมีความคิดความเข้าใจตรงจุดที่ไม่ถูกต้อง เพื่อจะได้รับแก้ไขให้ถูกต้องก่อนที่จะถ่ายเทไป และจากการวิจัยนักพօจะลงความเห็นได้ว่า นักเรียนยังมีความคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสารบบประถมลึกที่ เช่น สารต้องมีตัวตน ส้มผัดได้ จับต้องได้ และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

Posner, Strike, Hewson, และ Gertzog (1982) ได้เสนอหลักการเปลี่ยนความคิด (conceptual change) ของเด็กไว้ว่า ถ้าเด็กจะเปลี่ยนความคิดของเขาก็ต้องทำให้เด็กรู้สึกก่อนว่า ความคิดของเขามีอยู่นั้นไม่เป็นที่น่าพอใจบางประการ และจะต้องมีทางเลือกอื่นที่น่าสนใจกว่า นี่คือจะต้องทำให้นักเรียนเห็นว่า ความคิดใหม่นั้นเป็นความคิดที่ เรียนรู้ได้ง่าย มีเหตุผล และมีประโยชน์ ส่วนข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอนมโนมติเกี่ยวกับสารบบประถมต้องเริ่มต้น ถ้าท่านต้องการจะหลีกเลี่ยงการสร้างความคิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนมติหลักได้ ๆ ก็อาจจะเกิดขึ้นโดยท่านมิได้ตั้งใจ อาจทำได้โดยการสอนให้เด็กเข้าใจมโนมติหลักนั้น ๆ โดยการให้นักเรียนทดลองหาคำตอบด้วยตนเองแทนการบอกความรู้ และฝึกให้นักเรียนสร้างแผนภาพมโนมติเกี่ยวกับความคิดหลักนั้น ๆ เป็นของตนเอง (ดูตัวอย่างจากภาพ 3) เพื่อแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ มากน้อยเพียงใด

3. เมื่อได้ที่ครูใช้ภาษาง่าย ๆ ในความหมายทางวิทยาศาสตร์ ครูควรย้ำให้แน่ใจว่า นักเรียนมีความเข้าใจความหมายของคำนั้น ๆ ตรงตามที่ครูตั้งใจจะสื่อ

4. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ ควรศึกษาความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสาระของครุประถมศึกษาทั้งก่อนประจำการ และประจำการ เพื่อให้ทราบสถานะที่แท้จริงว่าตัวครุ เองมีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสาระใดบ้าง หรือผิดพลาดเพียงใด เพื่อจะได้หาแนวทางในการปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้น อันจะส่งผลให้มีการขับขึ้นลูกโซ่ของความเข้าใจผิดพลาดเกี่ยวกับสาระของนักเรียนในอนาคต

5. ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของชาติทุกรายตัว ได้ขยายผลการวิจัยเชิงระดับชั้นประถมศึกษา และมัธยมศึกษาครอบคลุมการนำผลการวิจัยไปประกอบการพัฒนาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ของชาติให้ได้ผลตามปรัชญาที่วางไว้