NU Science Journal 2005; 2(1): 97 - 105

สมบัติของของเหลวไอออนิกในการใช้เป็นตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนและของเหลวส่งผ่านความร้อนสำหรับโรงไฟฟ้าแบบรางพาราโบลา

ศรายุทธ วัยวุฒิ [1] และ นิมิตร ศรีปรางค์[2]

Ionic liquids Properties for High Thermal Energy Storage Medium and Heat Transfer Fluid of Solar Parabolic Trough Plants

Sarayooth Vaivudh[1] and Nimit Sriprang[2]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน (SERT) มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาสมบัติเชิงความร้อนของของเหลวไอออนิกที่นำมาใช้เป็นตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนและของเหลวส่งผ่านความร้อนของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์แบบรวมแสงโดยรางโค้งรูปพาราโบลา โดยทำการเตรียมของเหลวไอออนิก 3 ชนิด คือ 1-Isopropyl-2-methylimidazolium tetrafluoroborate, 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate [BMim][BF_4] และ 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนของของเหลวทั้ง 3 ชนิด พบว่า 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate มีความเหมาะสมในการใช้เป็นตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนได้ดีที่สุด โดยมีค่าความหนาแน่นพลังงานความร้อน 536.32 MJ/m^3 และมีสมบัติเชิงกายภาพหลัก คือ ค่า pH = 5, ความหนาแน่น = 1.32 kg/m^3, ความจุความร้อน = 2.39 kJ/kg (ที่ 200^{o}C), อุณหภูมิสลายตัว = 300^{o}C และจุดเดือด = 250^{o}C

คำสำคัญ: ของเหลวไอออนิก ตัวกลางสะสมพลังงาน ของเหลวส่งผ่านความร้อน

Abstract

Thermal properties of some liquids that applied to high thermal energy storage medium and heat transfer fluid of solar parabolic trough power plants were investigated. Three ionic liquid, 1-Isopropyl-2-methylimidazolium tetrafluoroborate, 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate [BMim][BF_4] and 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate were synthesized and their thermal properties were determined. 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate was selected to be a high

potential liquid for thermal energy storage medium by the storage density 536.32 MJ/m^3 and the main physical properties, pH, density, heat capacity, decomposition temperature and boiling point were 5, 1.32 kg/m^3, 2.39 kJ/kg (at 200^{o}C), 300^{o}C and 250^{o}C respectively.

Keywords: ionic liquid, storage medium, heat transfer fluid

บทนำ

ระบบการสะสมพลังงานความร้อนเป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้งาน เช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวเก็บรังสีแบบรวมแสงรูปรางโค้งแบบพาราโบลาซึ่งมีการใช้ระบบเก็บสะสมพลังงานความร้อนเพื่อให้การผลิตไฟฟ้ามีเสถียรภาพ การเก็บสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นสิ่งจำเป็นในการใช้งานโรงไฟฟ้าเพราะปริมาณแสงอาทิตย์มีค่าขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของแต่ละวัน สภาพอากาศ ตำแหน่งละติจูดของสถานที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ และการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปตามเวลา(Wu and Reddy, 2001)

ระบบรวมแสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปรางโค้งพาราโบลา จะรวมแสงอาทิตย์มาที่แนวโฟกัสของแผ่นสะท้อนแสงซึ่งจัดวางท่อที่มีของเหลวส่งผ่านความร้อนไหลผ่านด้านในของท่อ พลังงานความร้อนที่เกิดจากการรวมแสงอาทิตย์จะให้ความร้อนกับของเหลวส่งผ่านความร้อนที่อยู่ในท่อ และของเหลวนี้ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อส่งผ่านความร้อนให้กับตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนเพื่อที่จะใช้ในการต้มน้ำให้เดือดเป็นไอน้ำที่มีความดันสูง ซึ่งจะใช้ในการขับดันกังหันไอน้ำและผลิตกระแสไฟฟ้าและนำไอน้ำที่ควบแน่นกลับมายังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนอีกครั้ง ในการใช้งานที่ลดการสูญเสียพลังงานความร้อนบางครั้งก็สามารถนำของเหลวส่งผ่านความร้อนมาใช้เป็นตัวกลางสะสมพลังงานความร้อนด้วย ดังตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบรวมแสงรูปรางโค้งพาราโบลา STIP 150 ที่คูลิดจ์ประเทศสหรัฐอเมริกา IESA-SSPS ที่อัลเมเรีย ประเทศสเปน SEGS1 ที่บาร์สโตว์ Solar Plant ที่วอร์เนอร์สปริงและ SEGS ¾ ที่ Kramer junction ของประเทศสหรัฐอเมริกา ของเหลวส่งผ่านความร้อนและของเหลวสะสมความร้อนที่ใช้ในแต่ละโรงไฟฟ้ามีสมบัติแตกต่างกัน ดังตาราง 1 (Geyer, 1990)

ตาราง 1 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบแผ่นสะท้อนแสงรูปรางโค้งพาราโบลา

ชื่อโรงไฟฟ้า ที่ตั้งประเทศ	**STIP 150 คูลิดจ์ สหรัฐอเมริกา**	**IEA-SSPS อัลเมเรีย สเปน**	**SEGS1 บาร์สโตว์ สหรัฐอเมริกา**	**SEGS ¾ Kramer jct. สหรัฐอเมริกา**
ปี คศ.ที่เริ่มเดินเครื่อง	1979	1981	1984	1986
พื้นที่แผ่นสะท้อนแสง (m^2)	2,140	2,674+4928	82,960	203,980
ของเหลวส่งผ่านความร้อน	Caloria HT-43	Santotherm 55	Esso 500	Monsanto VP-1
อุณหภูมิ(^oC) สูงสุด/ช่วงที่ใช้งาน	288/200	295/225	307	349/248
ชนิดของกังหันผลิตไฟฟ้า	กังหันแบบORC แบบใช้สาร Toluene	กังหันไอน้ำ แบบควบแน่น	กังหันไอน้ำ แบบควบแน่น	กังหันไอน้ำ แบบควบแน่น
ของเหลวสะสมพลังงานความร้อน	Caloria HT-43	Santotherm 55	Esso 500	None

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบรวมแสงรูปรางโค้งพาราโบลา ต้องผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ลักษณะการรับพลังงานความร้อนผ่านท่อบรรจุของเหลวส่งผ่านความร้อนซึ่งไม่สามารถถอดเปลี่ยนได้ (Blake *et. al*., 2002) ดังนั้นการเลือกของเหลวที่นำมาใช้เป็นตัวกลางส่งผ่านความร้อนและสะสมพลังงานความร้อน จึงต้องพิจารณาจากการใช้งานที่อุณหภูมิสูงเกิน 250^oC ได้ โดยไม่เกิดการสลายตัวหรือเปลี่ยนสภาพและสามารถนำมาใช้เป็นตัวกลางในการสะสมและส่งผ่านพลังงานความร้อนได้อีกด้วยจึงจะเหมาะสม

โดยทั่วไปของเหลวที่นำมาใช้เป็นตัวกลางสะสมและส่งผ่านพลังงานความร้อนสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์มักเป็นน้ำมันสังเคราะห์และเกลือมอลเตน แต่มีปัญหาเนื่องจากการสลายตัวเปลี่ยนสภาพของน้ำมันสังเคราะห์ดังกล่าวนี้ที่อุณหภูมิใช้งานรวมทั้งเกลือมอลเตนมีจุดเดือดสูง ปัญหาดังกล่าวทำให้น้ำมันสังเคราะห์มีความสามารถในการเก็บสะสมพลังงานความร้อนได้น้อย และเกลือมอลเตนอาจเกิดการแข็งตัวเมื่อไม่ได้ใช้งาน (Cruz , 2000)

การค้นพบของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านและเก็บสะสมพลังงานความร้อนได้เริ่มต้นจากการค้นพบสารใหม่ของนักอินทรีย์เคมีจากเกลือจำพวกหนึ่งที่มีไอออนลบในโมเลกุลเป็นสารอินทรีย์ และไอออนบวกเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ คือของเหลวไอออนิก ซึ่งเป็นเกลือจำพวกหนึ่งที่มีสภาพของเหลวในช่วงอุณหภูมิที่กว้างและมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ มีสภาพเสถียรต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงเช่นในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ (Cruz, 2000) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 300°C (Winter and Sizmann, 1991) เกลือประเภทของเหลวไอออนิกนี้มีสภาพของเหลวที่อุณหภูมิห้องทั้งหมดซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเกลือทั่วไป (Valkenburg *et. al*., 2003) นอกจากนี้จุดเด่นของของเหลวไอออนิกคือการที่มีสภาพของเหลวในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง มีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูง ความหนาแน่นสูง มีเสถียรภาพเชิงความร้อนและทางเคมี มีความดันต่ำขณะที่กลายเป็นไอและเกิดมลพิษน้อย การใช้งานในการส่งผ่านและเก็บสะสมพลังงานความร้อนจะเกิดการขยายตัวน้อยมาก ในการวิจัยนี้เป็นการเตรียมของเหลวไอออนิกบางชนิดเพื่อนำมาเปรียบเทียบสมบัติเชิงความร้อนกับน้ำมันสังเคราะห์

การสังเคราะห์ของเหลวไอออนิกและค่าสมบัติเชิงความร้อน

การเตรียมของเหลวไอออนิกตามการวิจัยนี้ได้ทดลองทำการสังเคราะห์ของเหลวไอออนิกจำนวน 3 ชนิด โดยได้ตรวจสอบปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (NMR) และวัดค่าสมบัติเชิงความร้อนเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ (DSC) ดังต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์ของเหลวไอออนิก

ในการวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ของเหลวไอออนิก 3 ชนิด คือ 1-Isopropyl-2-methylimidazolium tetrafluoroborate, 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate [BMim][BF_4] และ 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate

1-Isopropyl-2-methylimidazolium tetrafluoroborate

นำ 2-methylimidazolium จำนวน 34.5 กรัม (0.41 โมล) 2-propanol จำนวน 31.5 cm^3 (0.41 โมล) และ HCl จำนวน 35.0 cm^3 (0.41 โมล) ผสมกันในขวดก้นกลมที่มีขนาด 100 cm^3 และใช้แท่งแม่เหล็กคนสารให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่ง 2-methylimidazolium ละลายหมด จากนั้นเติม HBF_4 จำนวน 51.0 cm^3 (0.41 โมล) ลงในขวดก้นกลมโดยมีการคนด้วยแท่งแม่เหล็กตลอดเวลา จากนั้นนำสารที่ผสมกันมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 วันจนกระทั่งปฏิกิริยาเสร็จสิ้น นำสารที่ได้มาสกัดเพื่อแยกสารตั้งต้นที่เหลืออยู่ด้วยคลอโรฟอร์มจำนวน 150 cm^3 ของเหลวไอออนิกที่ได้จากการสกัดจะอยู่ชั้นบนมีสีเหลืองอ่อน และเมื่อนำไปแยกสารตั้งต้นที่ปนอยู่ด้วยการกลั่นที่

อุณหภูมิ 160°C จะได้ของเหลวไอออนิกที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้นและตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาโดยใช้เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (NMR) ซึ่งพบว่าค่า chemical shift ของ ^1H จะได้ค่า $\delta(^1H)$ มีค่าเป็น 2.40, 6.85 และ 7.10 ppm และ $\delta(^{13}C)$ มีค่าเป็น 11.0, 119.0 และ 145.0 ppm โดยใช้ $CDCl_3$ เป็นตัวทำละลาย

1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate [BMim][BF_4]

นำ 1-methylimidazolium จำนวน 24.5 cm^3 (0.31 โมล) ผสมกับ butyl chloride จำนวน 37.0 cm^3 (0.31 โมล) ในขวดก้นกลมขนาด 100 cm^3 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนกระทั่งของเหลวในขวดแยกตัวเป็น 2 ชั้น รินของเหลวชั้นบนออกและสกัดของเหลวชั้นล่างด้วย ethyl acetate จำนวน 50 cm^3 3 ครั้ง จากนั้นให้ความร้อนเพื่อระเหยเอา ethyl acetate ออกที่อุณหภูมิ 60°C จะเกิดของเหลวที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อนและเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 ชั่วโมงจะตกผลึก ของเหลวดังกล่าวนี้เมื่อทำให้แห้งด้วย acetonitrile ภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 70°C จะกลายเป็นผลึกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยผลึกนี้จะมีสีเหลืองอ่อนและสามารถละลายได้ใน อะซีโตนจำนวน 250 cm^3 นำมาผสมกับ HBF_4 จำนวน 41.0 cm^3 (0.33 โมล) พร้อมกับคนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารที่ได้มาแยกสารตั้งต้นที่เหลือในปฏิกิริยาออกโดยการกลั่นที่อุณหภูมิ 160°C และกลั่นในสุญญากาศอีกครั้งด้วยเครื่องกลั่นแบบลดความดันจนได้ของเหลวสีเหลือง นำของเหลวนี้ไปละลายใน dichloromethane และใส่ในกรวยแยกสาร แล้วล้างสารอินทรีย์ด้วยน้ำสะอาด 50 cm^3 กรองด้วย anhydrous $MgSO_4$ นำไปทำให้แห้งโดยใช้สุญญากาศเป็นเวลา 10 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 70-80°C ผลการตรวจสอบ NMR จะได้ค่า $\delta(^1H)$ มีค่าเป็น 0.95, 1.36, 1.85, 4..05, 4.25, 7.35, 7.45 และ 9.55 ppm และ $\delta(^{13}C)$ มีค่าเป็น 13.35, 19.41, 32.0, 36.42, 49.82, 121.97, 123.57 และ 137.12 ppm โดยใช้ $CDCl_3$ เป็นตัวทำละลาย

1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate

ผสม 2-methylimidazolium จำนวน 34.5 กรัม (0.41 โมล) กับ butyl chloride จำนวน 43.5 cm^3 (0.41 โมล) ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 cm^3 คนของผสมในขวดก้นกลมด้วยแท่งแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้องจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-80°C จนกระทั่ง 2-methylimidazolium ละลายจนหมด นำ HBF_4 มาผสมจำนวน51.0 cm^3 (0.41 โมล) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-80°C ต่อไปเป็นเวลา 4 วัน นำสารที่ได้หลังปฏิกิริยามาสกัดด้วย คลอโรฟอร์ม จำนวน 150 cm^3 จะเกิด การแยกตัวออกเป็นของเหลว 3 ชั้น ชั้นกลางคือของเหลวไอออนิกที่ต้องการ ซึ่งปนอยู่กับสารตั้งต้น เมื่อนำไปกลั่นที่อุณหภูมิ 160°C เพื่อกำจัดสารตั้งต้นที่เหลือจากปฏิกิริยาจะได้ของเหลวไอออนิกที่บริสุทธิ์ขึ้นมีสีเหลืองอ่อน ผลการตรวจสอบ NMR จะได้ค่า $\delta(^1H)$ 1.80, 4.10, 7.25 และ 7.30 ppm และ $\delta(^{13}C)$ มีค่า

เป็น 10.40, 13.41, 19.50, 31.50, 48.39, 118.32, 121.40 และ 143.0 ppm โดยใช้ $CDCl_3$ เป็นตัวทำละลาย

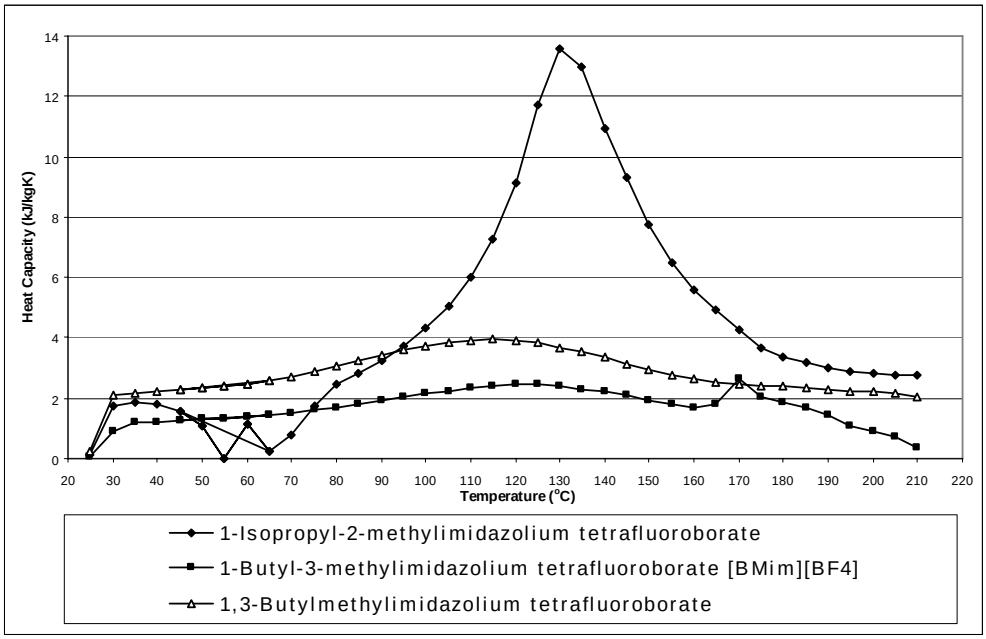
2. ผลการทดลองวัดค่าสมบัติทางความร้อน

จากการวัดค่าสมบัติทางความร้อนของของเหลวไอออนิก ซึ่งพบว่าค่า pH เป็นค่าที่บอกความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกัดกร่อน เช่นค่า pH ต่ำแสดงความเป็นกรดสูงซึ่งอาจทำให้เกิดการกัดกร่อนถังบรรจุของเหลว ไอออนิกที่เป็นโลหะในขณะใช้งาน สำหรับการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ควรทำให้ของเหลวไอออนิกที่มีค่า pH ต่ำให้เป็นกลางก่อน การวัดค่าสมบัติทางความร้อนของของเหลวไอออนิกที่เตรียมได้ ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสมบัติทางความร้อนของของเหลวไอออนิกที่เตรียมได้

ของเหลวไอออนิก	pH	ความหนาแน่น (g/cm^3)	จุดเดือด (^oC)	อุณหภูมิที่สลายตัว (^oC)
1-Isopropyl-2-methylimidazolium tetrafluoroborate	1	1.23	250	380
1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate [BMim][BF_4]	1	1.23	280	380
1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate	5	1.32	250	300

การวัดค่าความจุความร้อนของของเหลวไอออนิกด้วยเครื่อง DSC Melttler Toledo DSC822 จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงความร้อน (Thermal Analysis Laboratory, Central Laboratories) ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ โดยทำการวัดค่าความจุความร้อนของของเหลวไอออนิกที่เตรียมได้ในภาชนะอลูมิเนียมขนาดเล็ก จากอุณหภูมิ 25 ถึง 220^oC ให้ความร้อนแก่ของเหลวไอออนิกในภาชนะภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน โดยควบคุมความร้อนให้มีอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิ 20^oC/นาที พบว่าค่าความจุความร้อนของของเหลวไอออนิกทั้ง 3 ชนิดมีค่า ดังรูป 1 (ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ, 2547)



รูป 1 ค่าความจุความร้อนของของเหลวไอออนิกที่อุณหภูมิ 25 ถึง 220°C

ค่าการสะสมพลังงานความร้อนของของเหลวไอออนิกและสมบัติอื่น

จากการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าของเหลวไอออนิกมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นของเหลวส่งผ่านความร้อนชนิดใหม่ เมื่อนำมาคำนวณค่าการสะสมพลังงานความร้อนตามสมการ (1)

$$E = \rho c_p (T_{out} - T_{in}) \qquad (1)$$

เมื่อ E คือ ความหนาแน่นพลังงานที่สะสม (kJ/m^3)

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวไอออนิก (kg/m^3)

c_p คือ ความจุความร้อน (kJ/kg)

T_{out} คือ อุณหภูมิของของเหลวที่ไหลออกจากถังเก็บสะสมความร้อน (°C)

T_{in} คือ อุณหภูมิของของเหลวที่ไหลเข้าสู่ถังเก็บสะสมความร้อน (°C)

จากตัวอย่างของข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบแผ่นสะท้อนแสงรูปรางโค้งพาราโบลา

ตามตาราง 1 อุณหภูมิของของเหลวที่ไหลเข้าและออกจากตัวเก็บรังสีมีค่าเป็น 120 และ 290°C ตามลำดับ นำข้อมูลนี้แทนค่าลงในสมการ (1) และคำนวณค่าความหนาแน่นพลังงานที่สะสม นำมาเปรียบเทียบกับ น้ำมันสังเคราะห์ จะได้ผลดังตาราง 3 (Wu *et al.*, 2001)

ตาราง 3 ค่าการสะสมพลังงานความร้อนของของเหลวไอออนิกและน้ำมันสังเคราะห์

ILs	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความจุความร้อน (kJ/kg)	ความหนาแน่นพลังงานที่สะสม (MJ/m^3)
1-Isopropyl-2-methylimidazolium tetrafluoroborate	1,230	2.83	591.75
1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate [BMim][BF_4]	1,230	0.89	186.1
1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate	1,320	2.39	536.32
น้ำมันสังเคราะห์	886.2	1.91	59

จากผลการทดลองและคำนวณดังตาราง 2 และตาราง 3 พบว่า 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate มีสมบัติทางความร้อนที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวกลางในการสะสมและส่งผ่านพลังงานความร้อนมากที่สุด เนื่องจากมีความเป็นกรดต่ำ (pH = 5) จุดเดือดและความจุความร้อนสูง อุณหภูมิที่สลายตัวสูง (300°C) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของของเหลวขณะใช้งานในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบแผ่นสะท้อนแสงรูปรางโค้งพาราโบลา ตามข้อมูลตาราง 1 และค่าความหนาแน่นพลังงานที่สะสมก็มีค่าสูงกว่าของเหลวไอออนิกชนิดอื่น

สรุปผลการศึกษา

ของเหลวไอออนิกมีสมบัติทางความร้อนที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นของเหลวที่ใช้ส่งผ่านและสะสมพลังงานความร้อนได้ดีสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแบบแผ่นสะท้อนแสงรูปรางโค้งพาราโบลา และพบว่า 1,3-Butylmethylimidazolium tetrafluoroborate มีความสามารถในการสะสมพลังงานความร้อนสูง เนื่องจากค่าความเป็นกรดต่ำ มีเสถียรภาพทางความร้อนและเคมีสูง

มีความดันไอต่ำ ความจุความร้อนสูงและความหนาแน่นพลังงานที่สะสมมีค่ามาก ควรนำไปใช้เป็นสารตัวกลางในการสะสมพลังงานความร้อนของโรงไฟฟ้าแบบนี้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

Blake DM, Moens L, Price H, Kearney D, Herrmann Ulf. 2002. New Heat Transfer Fluids for Parabolic Trough Solar Thermal Electric Plants. *Proceeding of the solar spaces*, pp.4-6.

Cruz DMP. 2000. *Thermal Studies and Oxidation Reactions with Room Temperature Ionic Liquids.* National Renewable Energy Laboratory.

Geyer, M.A. 1990. Thermal Storage for Solar Power Plant. In *Solar Power Plants*, C.J.Winter, R.L.Sizmann, and L.L.Vant-Hull. Springer-Verlag. pp.199-214.

Valkenburg ME, Vaughn RL, Williams M, Wilkes JS. 2003. *Ionic Liquid Heat Transfer Fluids.* Symposium on thermophysical properties.

Wu B, Rogers RD and Reddy RG. 2001. Novel Ionic Liquid Thermal Storage for Solar Thermal Electric Power Systems. *Proceeding of the solar forum*, pp.21-25.