

ชื่อผลงาน: TATP ระเบิดของผู้ก่อการร้าย

เจ้าของผลงาน/สังกัด: กองวิชาเคมี ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

ประเภทผลงาน: งานวิจัย

ข้อมูลเกี่ยวกับผลงาน:

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาการเกิดไตรอะซิโตน ไตรเปอร์ออกไซด์ (Triacetone Triperoxide, TATP) ซึ่งทำการสังเคราะห์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างชนิดกัน จากการทดลองพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดแก่จะเกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรง จึงจำเป็นต้องควบคุมของตัวเร่งปฏิกิริยาและ อุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารประกอบคลอไรด์ของโลหะทรานซิชันจะ เกิดปฏิกิริยาที่มีความรุนแรงน้อยกว่า สามารถทำการสังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ สังเคราะห์ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์เอฟทีไออาร์ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR spectrophotometer) และ เอ็นเอ็มอาร์ สเปกโตรมิเตอร์ (NMR spectrometer) ทำให้สามารถ ยืนยันโครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ว่าเป็นสาร TATP เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ ได้ไปทดสอบคุณสมบัติการละลาย พบว่าสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว มีจุดหลอมเหลว ที่ ๘๐ ถึง ๘๕ องศาเซลเซียส และมีความไวสูงต่อการจุดระเบิด เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วน ของผลิตภัณฑ์กับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดซัลฟูริกและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับ สัดส่วนของปริมาณสารตั้งต้น พบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ TATP ที่สังเคราะห์ได้มีความสัมพันธ์กับ จำนวนโมลาร์ของตัวเร่งปฏิกิริยา และพบว่า เมื่อสัดส่วนโดยโมล ของสารตั้งต้นระหว่างอะซิโตนกับ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น ๑:๑ จะทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ TATP สูงสุด

ลักษณะของผลงาน:

ศึกษาปฏิกิริยาการสังเคราะห์ TATP และคำนวณหาปริมาณของ TATP ที่สังเคราะห์ได้ รวมถึงศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในปฏิกิริยาการเกิด TATP เช่น ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่ง ปฏิกิริยา ปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้ทำปฏิกิริยา อุณหภูมิและระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยา เป็นต้น

ความสัมฤทธิ์:

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสารตั้งต้นอะซิโตนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถ

นำมาสังเคราะห์วัตถุระเบิด TATP ได้ ซึ่งวัตถุระเบิดดังกล่าวมีความไวและอันตรายสูง ดังนั้นในอนาคตจึงควรที่จะต้องควบคุมการใช้งานสารตั้งต้นซึ่งอาจนำมาใช้สังเคราะห์วัตถุระเบิดดังกล่าวได้

TATP ระเบิดของผู้ก่อการร้าย

๑. ทีเอทีพี (TATP)



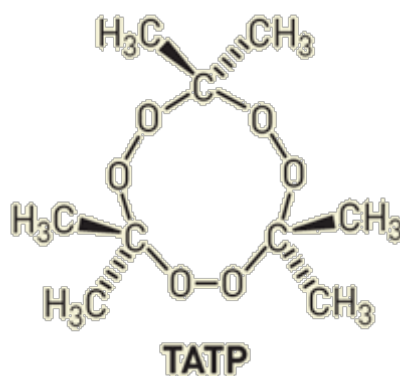
ภาพที่ ๑ ข่าวเกี่ยวกับการก่อความไม่สงบ

หากเราติดตามข่าวบ้านการเมืองเป็นประจำคงจะพอทราบถึงข่าวเกี่ยวกับการก่อความไม่สงบโดยการลอบวางระเบิด (ภาพที่ ๑) ซึ่งในช่วงนี้นิยมวางระเบิดกันเป็นว่าเล่นทั้งในประเทศ^{๑)} และต่างประเทศ^{๒)} อันระเบิดที่ใช้ในครั้งหาซื้อไม่ได้แน่ ๆ เพราะผิดกฎหมาย แต่มีระเบิดหลายชนิดที่สามารถทำเองได้ง่ายและได้ผลร้ายแรง หนึ่งในนั้นก็คือ ทีเอทีพี (TATP) ที่เป็นวัตถุระเบิดที่มีความไวสูงมาก และด้วยความที่วัตถุดิบสามารถหาซื้อได้ทั่วไปและขั้นตอนการสังเคราะห์สารไม่ซับซ้อน จึงเป็นที่นิยมทำกันในหมู่นักทดลองมือสมัครเล่น ดังแสดงในภาพที่ ๒ (ลองค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ตดูจะเห็นวิธีการทดลองซึ่งทำกันอย่างแพร่หลาย^{๓)}) แถมยังมีจุดเด่นตรงที่เครื่องตรวจวัตถุระเบิดส่วนใหญ่

ตรวจจับไม่ได้อีก ณ ที่นี้จึงอยากขอแนะนำให้รู้จักกับความอันตรายของระเบิดทีเอทีพีกัน

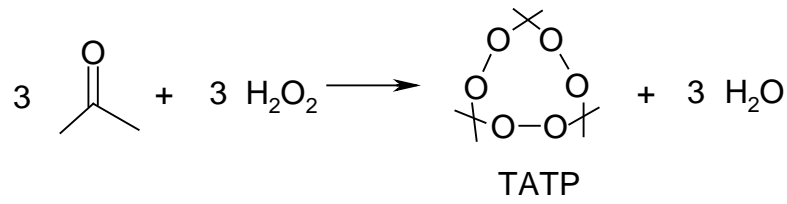


ภาพที่ ๒ วิดีโอการผลิตวัตถุระเบิดที่เผยแพร่อยู่ทั่วไปในอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ ๓ สูตรโครงสร้างของ TATP

TATP เป็นชื่อย่อของไตรอะซิโตน ไตรเปอร์ออกไซด์ (Triacetone Triperoxide) จัดเป็นวัตถุระเบิดแรงสูงจำพวกเปอร์ออกไซด์ที่มีความว่องไวสูง จากสูตรโมเลกุลของ TATP ตามภาพที่ ๓ คือ $C_9H_{18}O_6$ จะเห็นว่าไม่มีอะตอมไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุล เป็นเหตุให้การตรวจค้นโดยใช้เครื่องตรวจวัตถุระเบิดในปัจจุบันทำได้ยาก สารตั้งต้นในการสังเคราะห์วัตถุระเบิดดังกล่าวคืออะซิโตน (อะซิโตนเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ชนิดหนึ่ง ที่เห็นได้ง่ายที่สุดคือสารที่ใช้ในน้ำยาล้างเล็บ กลิ่นฉุนของน้ำยาล้างเล็บก็คือกลิ่นอะซิโตนนั่นเอง) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ความเข้มข้นต่ำใช้ทำน้ำยาบ้วนปากและน้ำยาล้างแผล ส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นมาหน่อยได้แก่ น้ำยาคัดสีผมซึ่งอยู่ที่ระดับ ๖ - ๑๒ %) สารเหล่านี้หาซื้อได้ไม่ยาก และมีขั้นตอนการสังเคราะห์ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนอะไร (แต่มีความอันตรายสูงพอสมควร) ซึ่งเขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีได้ดังนี้ (ภาพที่ ๔)



ภาพที่ ๔ สูตรโครงสร้าง

จากสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีจะพบว่า ต้องใช้อะซิโตน ๓ โมลและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ๓ โมล ทำปฏิกิริยานิวคลีโอฟิลิก สับสตีติวชัน (Nucleophilic substitution) โดยสมบูรณ์จึงจะได้ TATP ๑ โมล แต่การสังเคราะห์จริง จะไม่ได้ผลผลิตเป็น ๑๐๐ % ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ ซึ่งการศึกษาสัดส่วนปริมาณสารเคมีที่ใช้สังเคราะห์ TATP นี้เองที่เป็นที่มาของโครงการงานศึกษาปฏิกิริยาการเกิด TATP^(๔) ซึ่ง ณ ที่นี้จะไม่ขออธิบายในเรื่องวิธีการทดลองสังเคราะห์ แต่จะกล่าวถึงเฉพาะผลที่ได้จากการทดลองสังเคราะห์เท่านั้น ลักษณะของระเบิด TATP และการเก็บรักษาระเบิด TATP ที่สังเคราะห์ได้ แสดงดังภาพที่ ๕ (เพื่อความปลอดภัย จะเก็บ TATP รวมกันไว้เป็นปริมาณไม่เกิน ๑๐ กรัม และแช่น้ำเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป)



(ก)



(ข)

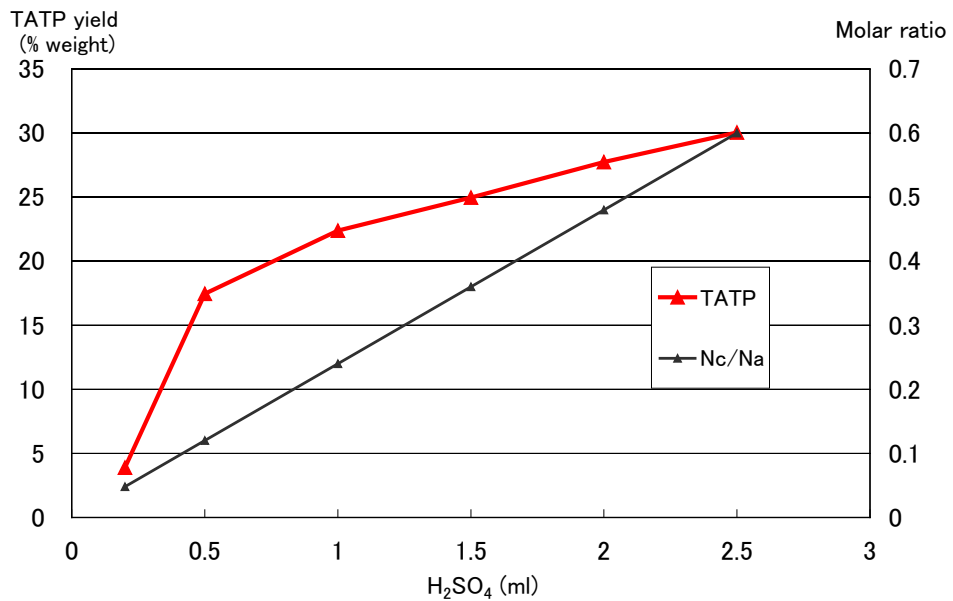
ภาพที่ ๕ ลักษณะของระเบิด TATP และการเก็บรักษาระเบิด TATP ที่สังเคราะห์ได้ (ข)

ที่สังเคราะห์ได้จากการทดลอง (ก)

๒. ผลการทดลอง

๒.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

ในขั้นตอนการสังเคราะห์ TATP กรดแก่จำพวกกรดซัลฟูริกถือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้กันมาก กรดจะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ โดยความสัมพันธ์ของปริมาณกรดกับ TATP ที่สังเคราะห์ได้แสดงตามภาพที่ ๖

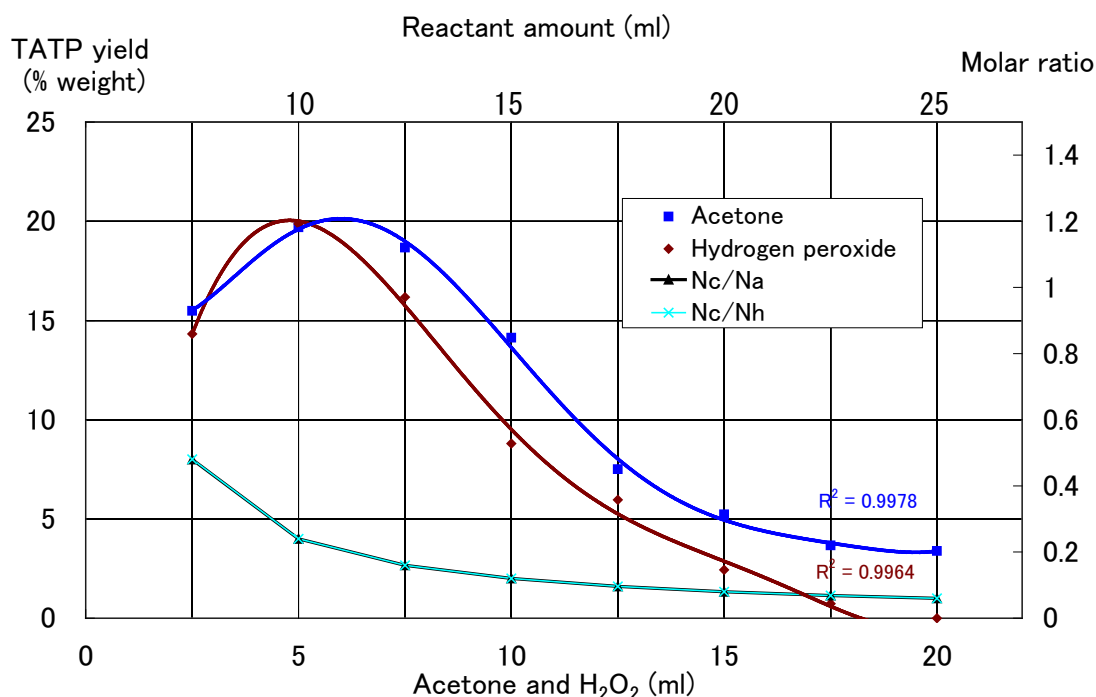


ภาพที่ ๖ แนวโน้มของปริมาณ TATP ที่สังเคราะห์ได้เทียบกับปริมาณ H₂SO₄

จากภาพที่ ๖ จะพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยปริมาณผลิตภัณฑ์จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อใช้อัตราส่วนโมลาร์ระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยากับสารตั้งต้น (Nc/Na) ไม่เกิน ๐.๕ หากใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นอีก แนวโน้มของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ยังคงเพิ่มขึ้นแต่จะไม่มากนัก ในการสังเคราะห์ TATP ที่ต้องการความบริสุทธิ์มาก ไม่ควรให้อัตราส่วนโมลาร์ระหว่าง Nc/Na เกิน ๐.๕ เพราะจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ร่วม ที่ไม่ต้องการเช่น TeATeP ปะปนมากขึ้น^(๕)

๒.๒ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับปริมาณสารตั้งต้น

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณของอะซีโตนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ส่งผลต่อปริมาณ TATP ที่สังเคราะห์ได้ต่างกันตามภาพที่ ๗ (การทดลองแบ่งเป็น ๒ กรณีคือ กรณีที่เพิ่มปริมาณอะซีโตน (ใช้ H₂O₂ ๕ มิลลิลิตร) และกรณีที่เพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ใช้อะซีโตน ๕ มิลลิลิตร))



ภาพที่ ๗ แนวโน้มของปริมาณ TATP ที่สังเคราะห์ได้เทียบกับปริมาณสารตั้งต้น

เมื่อ Nc/Na คือ อัตราส่วนต่อโมล (Molar ratio) ระหว่าง ตัวเร่งปฏิกิริยา กับ อะซีโตน โดยให้ ปริมาณ H₂O₂ คงที่ (Nc/Nh = ๐.๒๔)

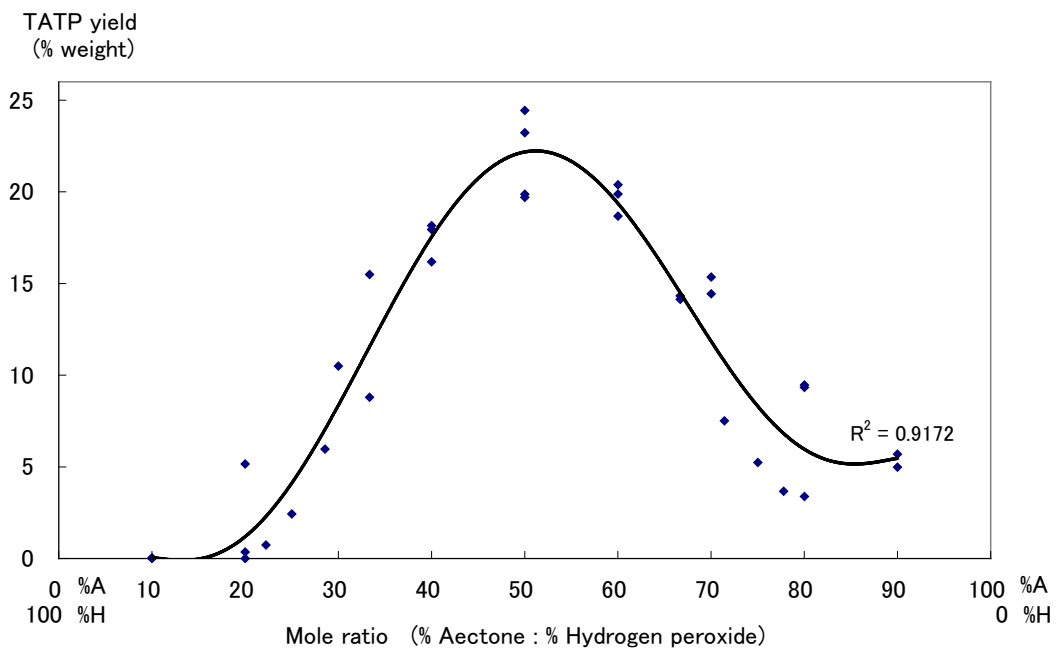
Nc/Nh คือ อัตราส่วนต่อโมลระหว่าง ตัวเร่งปฏิกิริยา กับ H₂O₂ โดยให้ปริมาณ อะซีโตน คงที่ (Nc/Na = ๐.๒๔)

กราฟในภาพที่ ๗ แสดงว่าปริมาณสารตั้งต้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งสองชนิดจะส่งผลต่อปริมาณ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ในช่วงที่ใช้สารตั้งต้นปริมาณน้อย (ปริมาณสารตั้งต้นเท่ากับ ๗.๕ มิลลิลิตร) พบว่า ปริมาณของอะซีโตนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เทียบกับปริมาณ TATP ที่ได้แล้วไม่ต่างกัน ปริมาณ ผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นมากที่สุดที่ค่าอัตราส่วนโมลลาร์ Nc/Na = Nc/Nh จากนั้นแม้จะใช้สารตั้งต้น เพิ่มขึ้นอีกผลิตภัณฑ์กลับมีปริมาณลดลงไปเรื่อยๆ โดยในช่วงดังกล่าวเมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบ อัตราส่วนโมลลาร์ระหว่าง Nc/Na และ Nc/Nh แล้วพบว่าค่า Nc/Na < Nc/Nh ส่งผลทำให้ได้ ปริมาณผลิตภัณฑ์มากกว่า Nc/Na > Nc/Nh แสดงว่าในการทำปฏิกิริยาของสารตั้งต้น ปริมาณ ของอะซีโตนจะมีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมากกว่าปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

๒.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลิตภัณฑ์กับสัดส่วนสารตั้งต้น

หัวใจหลักสำคัญในการสังเคราะห์สาร TATP ก็คือสัดส่วนของสารตั้งต้นที่จะทำให้ได้ปริมาณ ผลิตภัณฑ์สูงสุด ในการทดลองสังเคราะห์ TATP โดยใช้กรดซัลฟูริก ๑ มิลลิลิตรเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ผลการทดลองด้วยสัดส่วนสารตั้งต้นต่าง ๆ ได้ผลตามภาพที่ ๘

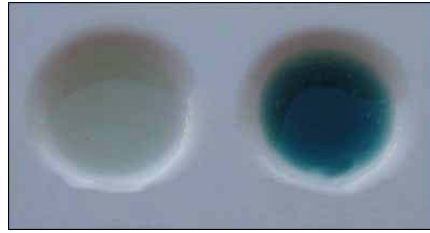


ภาพที่ ๘ ปริมาณ TATP ที่สังเคราะห์ได้เทียบกับอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้น

จากภาพที่ ๘ จะพบว่าอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นที่ทำให้ได้ TATP สูงสุดคือ ๑:๑ ซึ่งสอดคล้องกับสมการแสดงปฏิกิริยาการเกิด TATP และผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ ๒๕ %wt ของสารตั้งต้น ซึ่งหากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้เทียบกับสารตั้งต้นมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นแล้ว จะทำให้เราสามารถคาดการณ์ปริมาณของการสังเคราะห์ TATP โดยเทียบจากสารตั้งต้นได้

๓. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดทำให้ทราบถึงปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารตั้งต้น ตัวเร่งปฏิกิริยาและผลิตภัณฑ์ที่ได้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเรื่องของการควบคุมสารเคมีที่มีความเสี่ยงต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุอันตรายระเบิด ซึ่งในปัจจุบันเริ่มมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่จะตรวจสอบวัตถุระเบิดจำพวกเปอร์ออกไซด์^{๖)} (ภาพที่ ๙) และเพิ่มมาตรการควบคุมปริมาณสารเคมีที่เป็นของเหลวขึ้นเครื่องบินแล้วในหลายประเทศ^{๗)} (ภาพที่ ๑๐)



Left : A sample with no TATP

Right : A sample with a trace of TATP

(Credit: ACRO Security Technologies)

ภาพที่ ๙ อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุระเบิดจำพวกเปอร์ออกไซด์ของบริษัท ACRO Security Technologies^{๖)}



ภาพที่ ๑๐ โปสเตอร์รณรงค์มาตรการควบคุมปริมาณสารเคมีที่นำขึ้นบนเครื่องบิน^{๗)}

๔. ข้อมูลอ้างอิง

๑) <http://www.israpost.net/overview.php?c=3&id=16483>

๒) http://topics.nytimes.com/top/reference/timestopics/subjects/t/terrorism/2006_transatlantic_aircraft_plot/index.html

๓) <http://video.google.com/videoplay?docid=4702337013936853473#>

๔) อมรเทพ สมราช, การศึกษาปฏิกิริยาการเกิด TATP (Triacetone Triperoxide), *โครงการวิจัยอาจารย์ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*, (2009).

๕) R. Matyas, J. Pachman, H.-G. Ang, *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, **22** No. 2, 89-91 (2008).

๖) <http://www.acrosec.com/explosives.asp>

๗) <http://www.tsa.gov/311/index.shtm>