บทที่ ๓

การทดลอง

๓.๑. การหาความไวของการวิเคราะห์ไอโซโทปกัมมันตรังสีที่มี half-life สั้นๆ [๑,๒,๓,๖,๙]

ความไว (sensitivity)ของการวิเคราะห์ธาตุโดยอาศัย activate ด้วยนิวตรอนนั้น สำหรับบางธาตุต่ำมาก และสำหรับบางธาตุทำไม่ได้เลย สาเหตุต่างๆที่จะทำให้ความไวมากหรือน้อยมีดังนี้

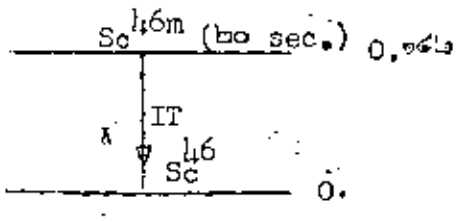
๑. flux ของนิวตรอน หมายถึงจำนวนนิวตรอนต่อพื้นที่ๆอาบรังสีของธาตุต่อวินาที ถ้า flux มาก ความไวของการวิเคราะห์จะมากด้วย

๒. cross-section หมายถึงโอกาสที่จะเกิดปฏิกริยากับนิวตรอน ธาตุใดมี cross-section มาก จะเกิดปฏิกริยาได้ง่าย ทำให้มีความไวมากขึ้น ธาตุใดมี cross-section น้อย ธาตุนั้นเกิดปฏิกริยาได้ยาก ตัวอย่างเช่น ตะกั่ว ความไวน้อยมาก จนทำไม่ได้ เพราะมี cross-section ประมาณ ๘.๕×๑๐^{-๔} บาร์น

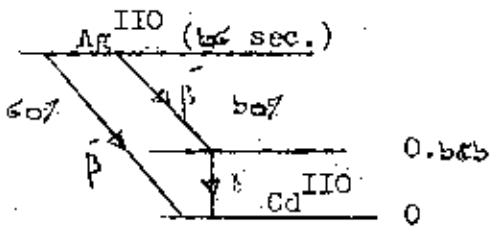
๓. เปอร์เซ็นต์ของ abundance ของธาตุ เปอร์เซ็นต์ของ abundance ของธาตุ หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของธาตุนั้นที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น F^{19} มีในธรรมชาติ ๑๐๐ %, Se^{76} มี ๙.๐๖ %, W^{182} มี ๒๖.๔๑ % sensitivity ของการวิเคราะห์จะมากถ้าธาตุที่ทำการวิเคราะห์มีมากในธรรมชาติ ค่าของเปอร์เซ็นต์ของ abundance ที่แสดงไว้ในตารางต่อไปได้มาจาก Chart of the Nuclides ของ Naval Reactor , U.S. Atomic Energy Commission

๔. Gamma Yield ของแต่ละธาตุหาได้จาก decay scheme gamma yield หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของรังสีแกมม่าที่ถูกปล่อยออกมา ธาตุกัมมันตรังสีบางตัวสลายตัวให้ทั้งรังสีเบต้าบวก,เบต้าลบ และแกมมา บางตัวให้รังสีเบต้ากับแกมม่า และบางตัวก็ให้แต่รังสีแกมมาอย่างเดียว gamma yield ของธาตุใดเป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าในการสลายตัวของธาตุนั้นจะสลายตัวให้รังสีแกมมาอย่างเดียว หรือมีรังสีอื่นด้วย เช่น

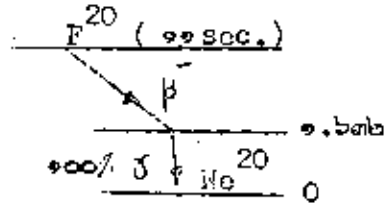
Sc^{46m} gamma yield ๑๐๐%



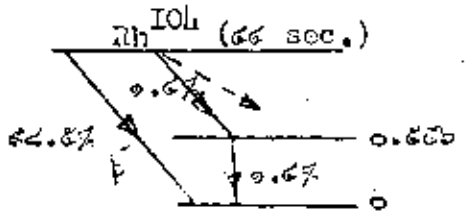
Ag^{110} gamma yield ๖๐ %



F^{20} gamma yield ๑๐๐ %



Rh^{104} gamma yield ๑.๔ %



๔. <u>Photopeak efficiency ของเครื่องนับ</u> Photopeak efficiency ของเครื่องนับหมายถึงโอกาสที่รังสีแกมม่าที่มีพลังงาน E ที่มาจากธาตุกัมมันตรังสีจะปรากฏใน photopeak ของ pulse height spectrum

ค่าของ photopeak efficiency หาได้จากผลคูณระหว่าง Total efficiency, $\varepsilon(E)$ และ photofraction, P

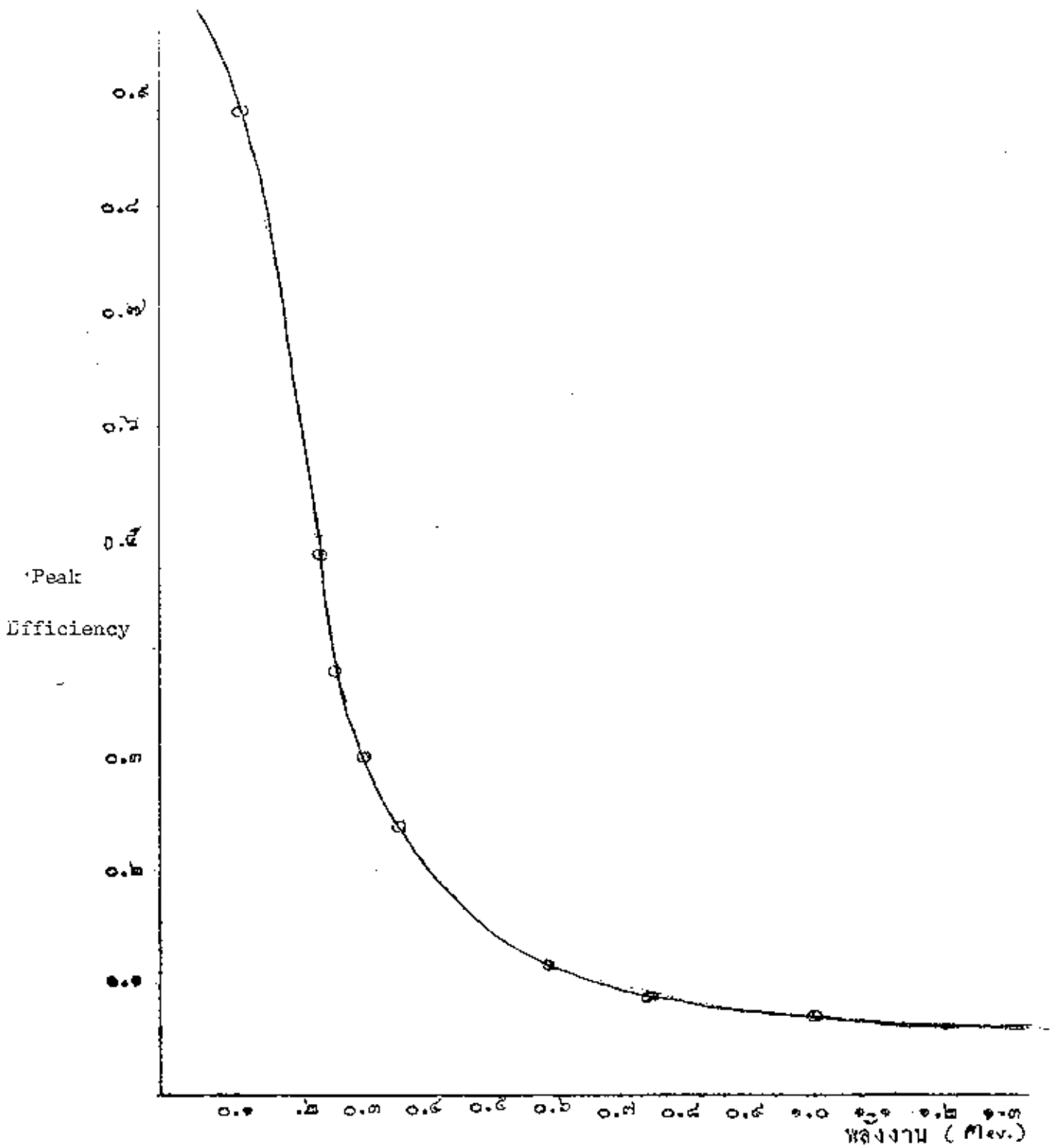
$$\varepsilon(p) = \varepsilon(E)P$$

photofraction P = peak to total ratio = $\frac{N_p}{N_{total}}$

N_p = พื้นที่ใต้ photopeak

N_{total} = พื้นที่ทั้งหมดที่นับได้

ยิ่งรังสีแกมม่ามีพลังงานมาก ประสิทธิภาพของเครื่องยิ่งน้อยลง ความไวของการวิเคราะห์ก็จะลดลงด้วย เพราะความไวของการวิเคราะห์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าของประสิทธิภาพของเครื่องนับ (รูปที่ ๓.๑)



รูปที่ ๓.๑ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Peak Efficiency กับ พลังงาน

ตารางที่๓.๑ ความไวของการวิเคราะห์ธาตุที่มี half-life สั้นบางตัว

(โดยอาศัยปฏิกริยา กับ เทอร์มอลนิวตรอน)

ธาตุ	% ของ Abundance	ไอโซโทป	$T_{\frac{1}{2}}$ (sec.)	พลังงานแกมมา (Mev.)	Gamma-Yield. (%)	Peak Efficiency	Cross-section. (barns.)	ความไว ∝ cpm.	ความไวสูงสุด ∝ 1
F^{19}	๑๐๐.๐๐	F^{20}	๑๑	๑.๖๓	๑๐๐.๐๐	๐.๐๔๕	๐.๐๑	๐.๖๔๔	๐.๐๐๐๐๔
Sc^{45}	๑๐๐.๐๐	Sc^{46m}	๖๐	๐.๑๔	๑๐๐.๐๐	๐.๘๘๓๖	๑๑.๐๐	๑๔๖๓.๕๕	๑.๐๐๐๐
Se^{76}	๙.๐๖	Se^{77m}	๑๗	๐.๑๖	๑๐๐.๐๐	๐.๔๕	๖๖.๐๐	๖๓๑.๘๘	๐.๑๑๓
Ge^{74}	๓๖.๕๔	Ge^{75m}	๔๕	๐.๑๔	๑๐๐.๐๐	๐.๘๘	๐.๒๐	๔.๖๙	๐.๐๐๔๔
Ge^{76}	๗.๗๖	Ge^{77m}	๕๔	๐.๑๖	๑๐๐.๐๐	๐.๔๕	๐.๑๐	๐.๔๖๔	๐.๐๐๔๔
Rh^{103}	๑๐๐.๐๐	Rh^{104}	๔๒	๐.๐๗๗	๑.๔๐	๐.๔๗๒	๑๔๔.๐๐	๑๔๐.๖๔	๐.๐๕๖
Pd^{106}	๖๗.๓๓	Pd^{107m}	๒๖	๐.๖๖	๑๐๐.๐๐	๐.๖๔	๐.๖๔	๕.๐๔	๐.๐๐๖๖
Ag^{109}	๔๘.๑๔	Ag^{110}	๖๔	๐.๖๖	๖๐.๐๐	๐.๑๖	๔๔.๐๐	๒๔๓.๖๔๕	๐.๑๔๔
Ce^{138}	๐.๖๕๐	Ce^{139m}	๕๕	๐.๑๖	๑๐๐.๐๐	๐.๑๐๖	๐.๐๔	๐.๐๐๐๗	๓.๖๑๐$^{-๕}$
Yb^{168}	๐.๑๓๕	Yb^{169m}	๕๐	๐.๐๖๔	๑๐๐.๐๐	๐.๔๔๕	๑๑๐๐๐.๐๐	๔๗๔.๕๑	๐.๔๖๖
Hf^{178}	๒๗.๑๔	Hf^{179m}	๑๕	๐.๒๑๗	๑๐๐.๐๐	๐.๗๐๕	๕๐.๐๐	๕๗๗.๔๖	๐.๒๗๒
W^{182}	๒๖.๔๑	W^{183m}	๕.๓	๐.๑๗๕	๑๐๐.๐๐	๐.๔๔	๐.๕๐	๖.๔๖	๐.๐๐๓๕
Pt^{198}	๗.๒๑	Pt^{199m}	๑๔	๐.๐๔	๑๐๐.๐๐	๐.๖๖	๐.๐๓	๐.๐๒๔	๐.๐๐๐๑๔

ตารางข้างบนเป็นตารางแสดงค่าของความไวของการวิเคราะห์ธาตุโดยวิธี activate ด้วยนิวตรอน เป็นค่าทางทฤษฎี โดยคิดเป็นปฏิภาคกับค่าที่ควรจะนับได้

ความไวของการวิเคราะห์ธาตุ $\propto$ count rate ที่ควรจะนับได้

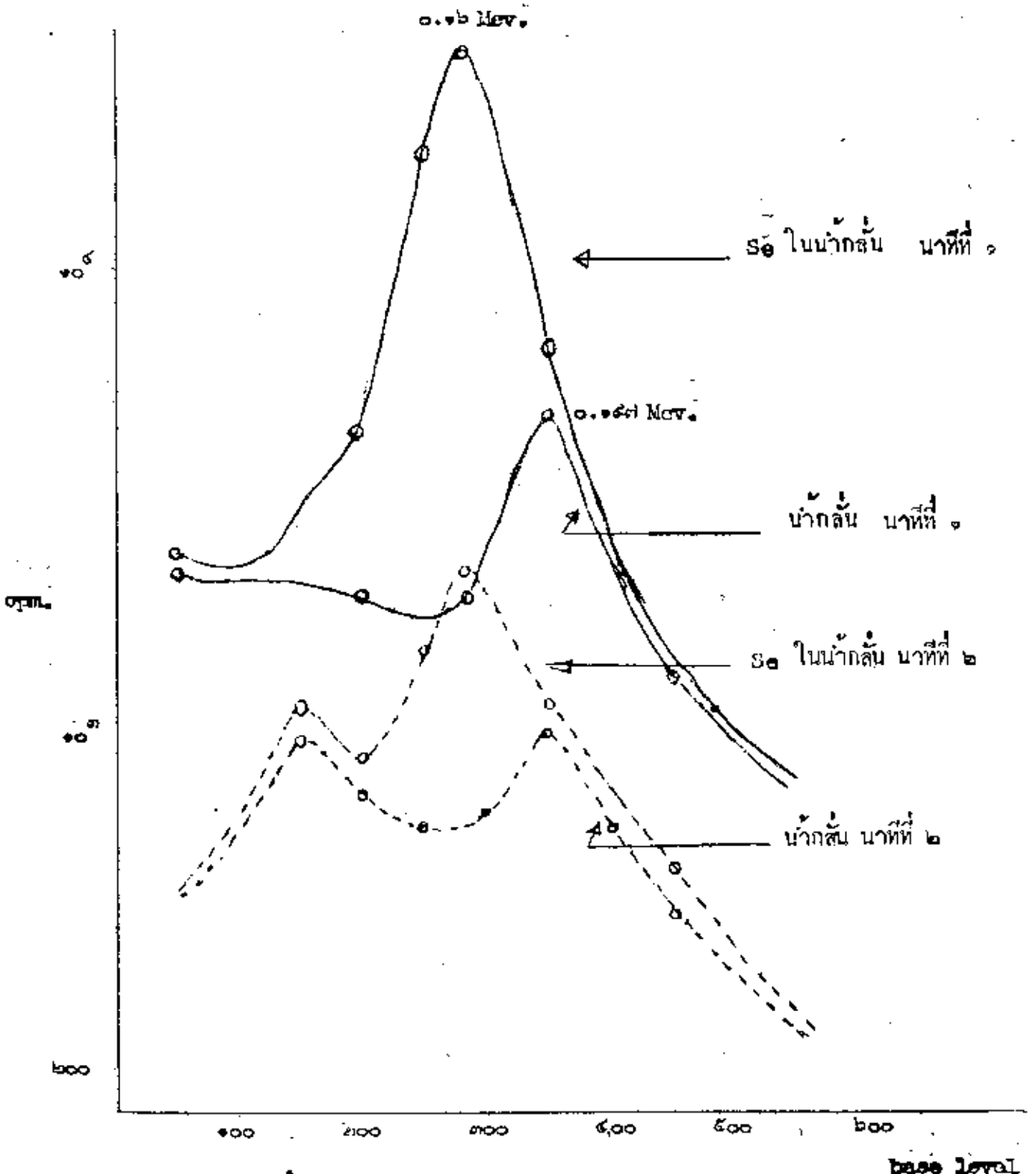
$\propto$ peak efficiency × %ของabundance × gamma yield(%) × cross-section / น้ำหนักอะตอมของธาตุ

จากค่าที่คำนวนไว้ในตาราง จะเป็นตัวบอกให้รู้ว่า มีธาตุใดบ้างที่ไวต่อการวิเคราะห์

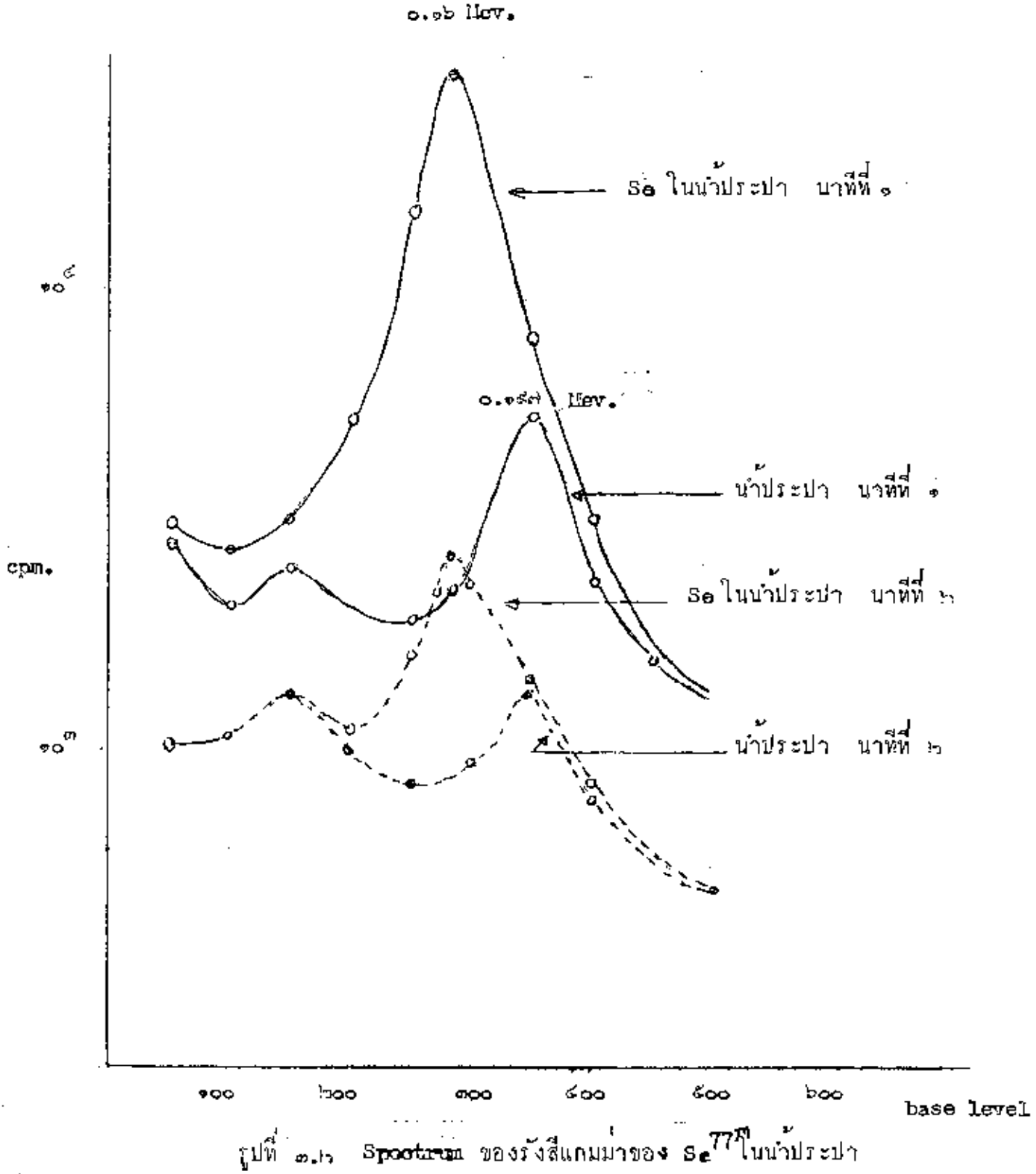
แบบนี้ และมีธาตุใดบ้างที่ไม่ไว โดยคิดให้น้ำหนักของธาตุทุกธาตุ, flux ของนิวตรอน, และเวลาในการอาบรังสีเท่ากันหมด จะพบว่า Se^{45} มีความไวมากที่สุด และ Ce^{138} มีความไวน้อยที่สุด ตารางช่องสุดท้ายเป็นตัวเลขเมื่อเทียบให้ความไวของ Se^{45} มีค่าเท่ากับ ๑

๓.๖ <u>การหาความไวของการวิเคราะห์ธาตุ Se ในน้ำกลั่น, น้ำประปา, และน้ำคลอง</u>

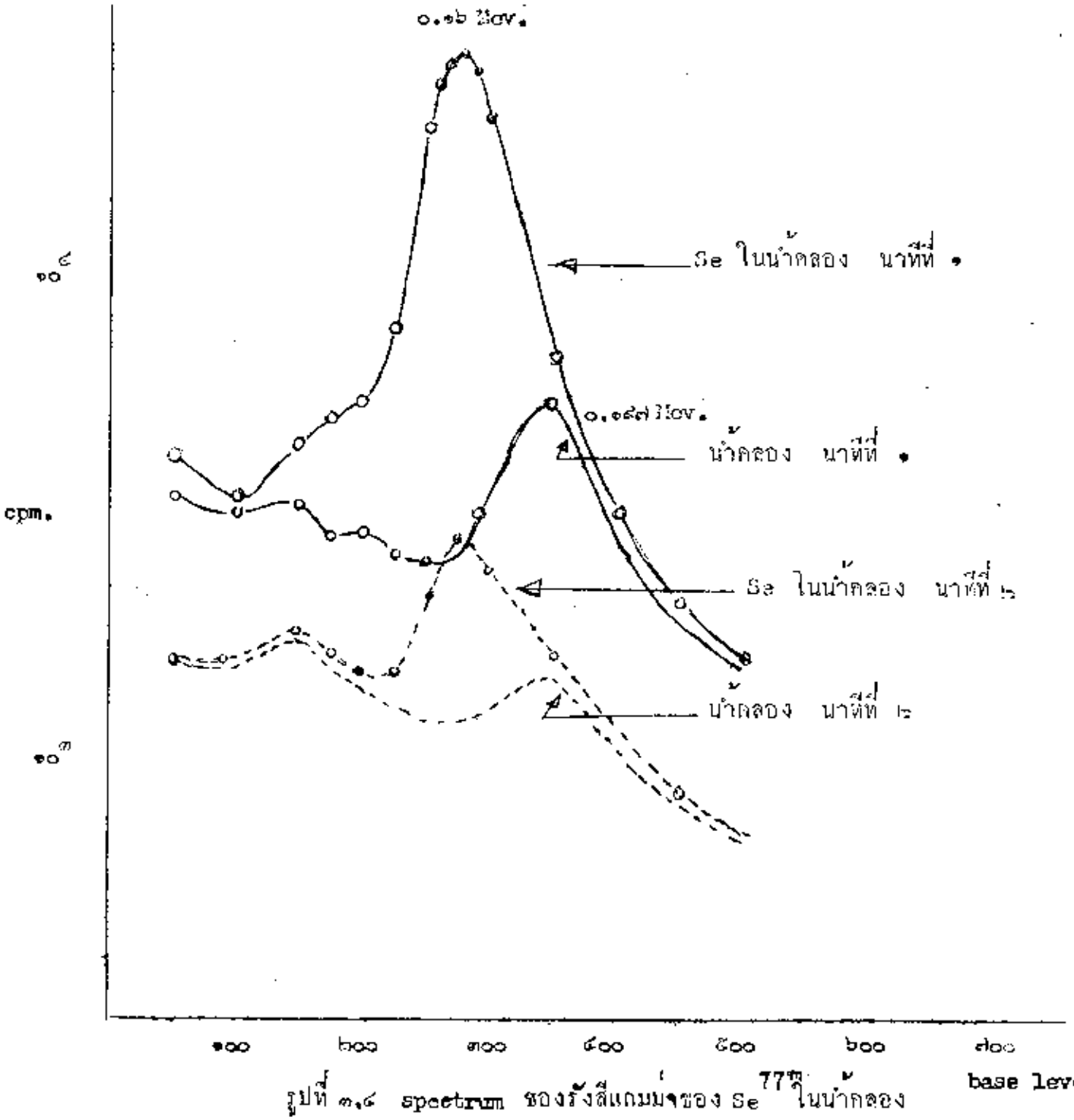
ได้ทำการทดลองหาความไวของการวิเคราะห์โดยการ activate ด้วยนิวตรอน โดยใช้เซเลเนียม (Se) เป็นตัวทดลอง สารประกอบของ Se ที่ใช้คือเซเลเนียสแอซิด (Selenious acid) สิ่งที่ต้องการจะทดลองก็คือต้องการหาความไวของการวิเคราะห์ธาตุ Se เมื่ออยู่ในน้ำกลั่น, น้ำประปา, และน้ำคลอง ชั่ง Se มา ๕ มิลลิกรัม ละลายในน้ำแต่ละชนิด ๑๐๐๐ ซี.ซี. ดวงสารละลายใส่ในขวด polyethylene ขวดละ ๑ ซี.ซี. เตรียมสารตัวอย่างไว้ประมาณอย่างละ ๑๕ ขวด ฉนั้นในน้ำ ๑ ซี.ซี. ทุกชนิดก็จะมี Se อยู่ ๕ ไมโครกรัม เตรียมสารตัวอย่างอีกพวกหนึ่งเป็นน้ำล้วนๆขวดละ ๑ ซี.ซี. ในการทดลองได้ทำเป็นคู่ๆ Se ในน้ำกลั่นกับน้ำกลั่น, Se ในน้ำประปากับน้ำประปา และ Se ในน้ำคลองกับน้ำคลอง เอาสารตัวอย่างแต่ละคู่ทั้งหมดไปอาบรังสีทีละตัว เนื่องจาก half-life ของ Se^{77m} สั้นมาก คือประมาณ ๑๗ วินาที เพราะฉนั้นการอาบรังสี, การรอ, และการนับจะต้องรวดเร็วมาก จึงใช้อาบรังสีนิวตรอนโดยทาง pneumatic tube และใช้เครื่อง single channel วางไว้ใกล้ๆ pneumatic tube ส่งสารตัวอย่างเข้าไปอาบรังสีทาง pneumatic tube ทีละตัว เป็นเวลา ๑๕ วินาที เอาออกมารอ ๑๕ วินาที และเอาเข้าเครื่องนับโดยตั้ง base เริ่มจากน้อยๆ แล้วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นับครั้งละ ๑ นาที แล้วรอ ๑๓ วินาที นับอีก ๑ นาที ที่ต้องทำโดยการเปลี่ยน base ไปเรื่อยๆและทำทีละตัว เพราะไม่มีเครื่อง multichannel analyser โดยการทำแบบนี้ ใช้เวลาในการอาบรังสี, การรอ และการนับเท่ากันทุกครั้ง เมื่อเอาผลทั้งหมดมาเขียนกราฟ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ ๓.๒, ๓.๓, ๓.๔ กราฟเส้นโด่งที่สุด เป็นกราฟของ Se ในน้ำ ๑ ซี.ซี. เมื่อนับนาทีที่ ๑ กราฟเส้นที่ ๒ เป็นกราฟของน้ำอย่างเดียว ๑ ซี.ซี. เมื่อนับนาทีที่ ๑ เส้นที่ ๓ เป็นกราฟของ Se ในน้ำ เมื่อนับนาทีที่ ๒ และกราฟเส้นสุดท้ายเป็นกราฟของน้ำ เมื่อนับนาทีที่ ๒ สำหรับกราฟของ Se จะเห็น peak ของ Se^{77m} ๐.๑๖ Mev. โด่งขึ้นมาเห็นชัดถ้าใช้ Se ๕ ไมโครกรัมในน้ำ ๑ ซี.ซี. ส่วนกราฟของน้ำจะเห็น peak ของ ๐.๑๔๓ Mev. ของ O^{19} half-life ๖๙.๔ วินาทีชัดเจนเช่นเดียวกัน



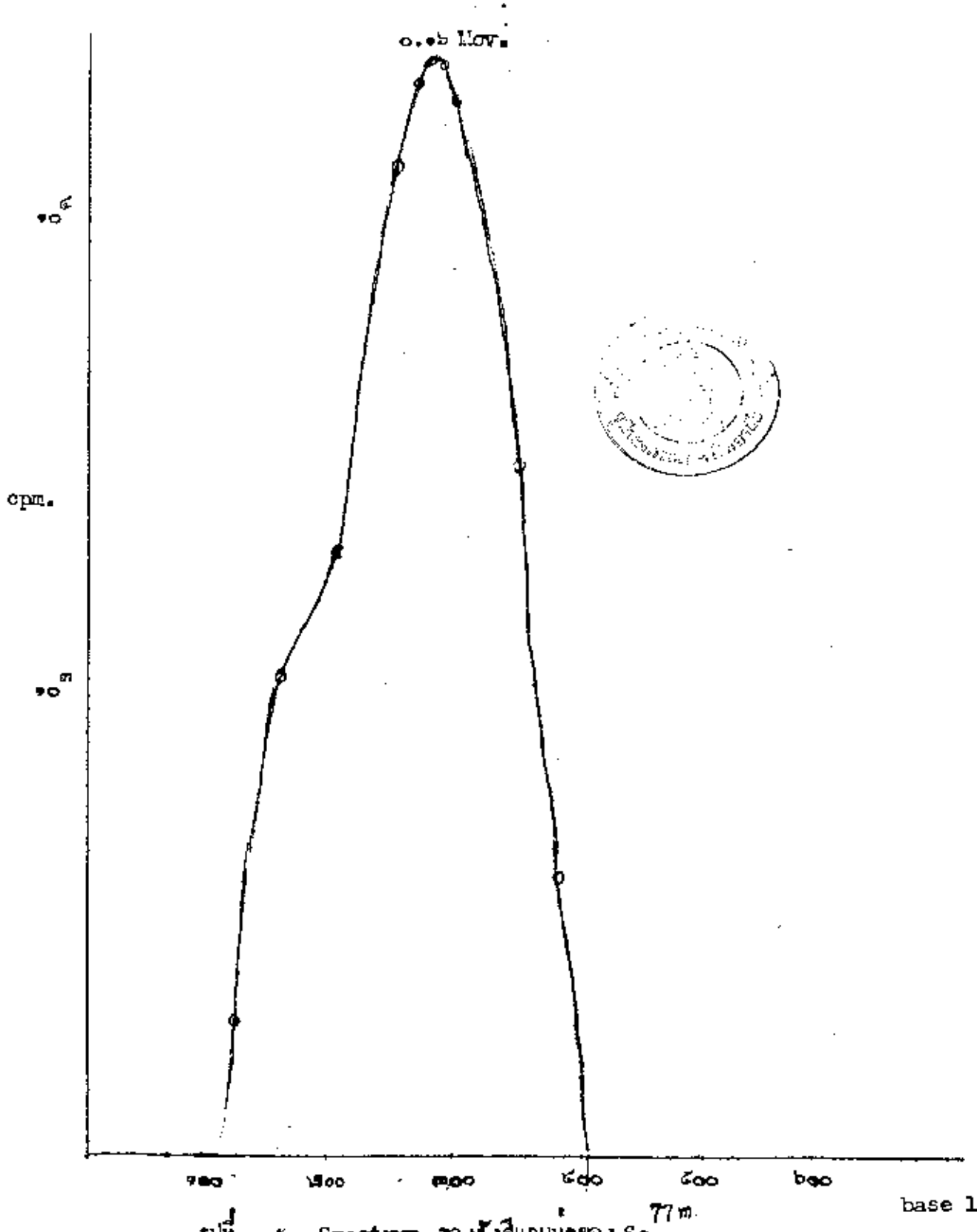
รูปที่ ๓.๒. Spectrum ของรังสีแกมมาของ Se^{77m} ในน้ำกลั่น



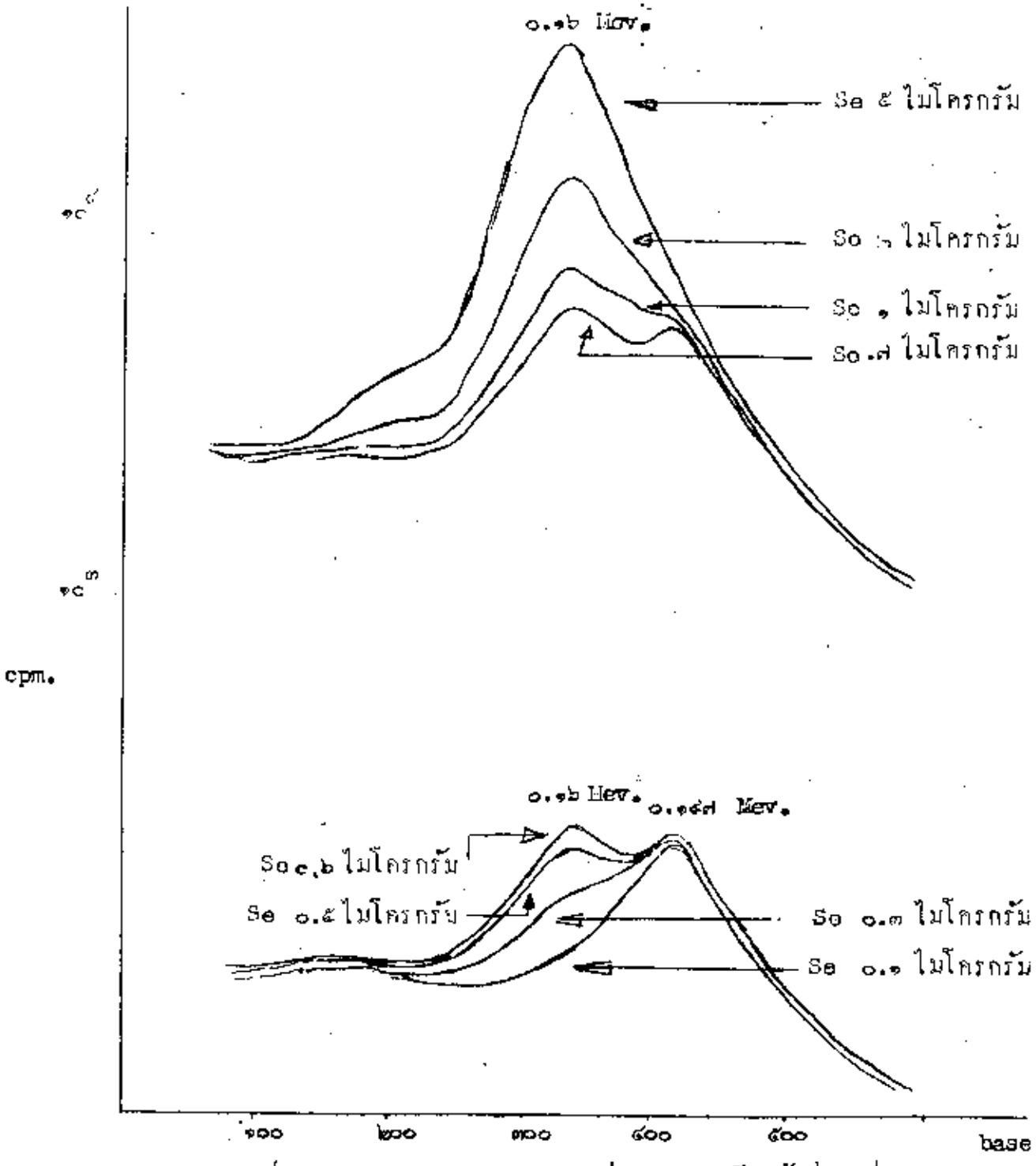
รูปที่ ๓.๖ Spectrum ของรังสีแกมม่าของ Se^{77m} ในน้ำประปา



รูปที่ ๓.๔ spectrum ของรังสีแกมม่าของ Se^{77m} ในน้ำคลอง



รูปที่ ๑.๔. Spectrum ของรังสีแกมมาของ Se



รูปที่ ๓.๖ Spectrum ของรังสีแกมม่าของ Se^{77} ในน้ำกลั่น เมื่อมีปริมาณ Se ต่างๆกัน

001778

จากการทดลองพบว่าการหาความไวของ Se ในน้ำกลั่น, น้ำประปา และน้ำคลอง ได้ผลแบบเดียวกัน แสดงว่าในการหา Se ในน้ำนั้น ปริมาณของ Se ๕ ไมโครกรัมในน้ำ ๑ ซี.ซี. เป็นขนาดที่จะหา Se ได้ ได้ลองทำต่อไป โดยลดปริมาณของธาตุ Se ลงเรื่อยๆ เป็น ๒ ไมโครกรัม ๑ ไมโครกรัม, ๐.๘, ๐.๖, ๐.๕ และ ๐.๑ ไมโครกรัมในน้ำ ๑ ซี.ซี. ปรากฏผลตามรูปที่ ๓.๖ จะเห็นว่า ถ้าปริมาณของ Se ประมาณ ๒ ไมโครกรัม peak ของ Se^{77m} ยังเห็นชัดอยู่ และ peak ของ O^{I9} ไม่มารบกวนมากนัก ถ้าปริมาณ Se เป็น ๑ ไมโครกรัม peak ก็ยังเห็นโด่งชัดอยู่ แต่ peak ของ O^{I9} เริ่มปรากฏให้เห็นบ้าง ถ้าปริมาณ Se เป็น ๐.๘ ไมโครกรัม peak ของ O^{I9} โผล่ขึ้นมาเห็นชัดมากขึ้น และเห็นเป็นสอง peak ถ้าปริมาณ Se ๐.๕ ไมโครกรัม ปรากฏว่า peak ของ Se^{77m} ต่ำกว่า peak ของ O^{I9} แต่ก็ยังเห็นเป็นสอง peak ถ้าใช้ Se ๐.๓ ไมโครกรัม ปรากฏว่า peak ของ Se^{77m} เกือบจะมองไม่เห็น คือ peak ของ O^{I9} มากลบเกือบหมด และถ้า Se ลดลงเหลือ ๐.๑ ไมโครกรัม จะพบว่า peak ของ Se^{77m} มองไม่เห็นเลย เห็นแต่ peak ของ O^{I9} แสดงว่าถ้าปริมาณ Se มีน้อยกว่า ๐.๓ ไมโครกรัมในน้ำ ๑ ซี.ซี. จะวิเคราะห์หา Se โดยวิธีนี้ไม่ได้ เพราะ O^{I9} จะมารบกวนมาก การวิเคราะห์จะได้ผลดีอย่างน้อยที่สุด Se ควรจะมีอยู่ไม่ต่ำกว่า ๐.๕ ไมโครกรัมในน้ำ ๑ ซี.ซี. หรือมี Se อยู่ประมาณ ๐.๕ ppm.

น้ำที่ใช้ดื่มโดยทั่วๆไป อนุญาตให้มี Se ได้ไม่เกิน ๐.๐๕ ppm. คือในน้ำดื่ม ๑ ซี.ซี. จะมี Se ได้ไม่เกิน ๐.๐๕ ไมโครกรัม แสดงว่าการจะวิเคราะห์หาปริมาณของ Se ในน้ำดื่มโดยวิธีที่กล่าวมาแล้วไม่ได้ เพราะความไวไม่มากพอ ที่ทำได้ความไวมีประมาณ ๐.๕ ไมโครกรัมในน้ำ ๑ ซี.ซี. เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้อาจจะทำได้ถ้าทำในปริมาณของ Se ในน้ำ ๑ ซี.ซี. มีมากกว่า ๐.๐๕ ไมโครกรัม โดยการเอาน้ำอย่างน้อย ๑๐ ซี.ซี. ซึ่งจะมี Se อยู่อย่างมาก ๐.๕ ไมโครกรัมมาต้มให้น้ำระเหยไปเสียจนเหลือ ๑ ซี.ซี. Se จะไม่ระเหยไปด้วย เพราะฉะนั้นในน้ำ ๑ ซี.ซี. ที่เหลืออยู่จะมี Se ประมาณ ๐.๕ ไมโครกรัม ซึ่งจะเป็นขนาดที่พอจะหาปริมาณ โดยวิธีอาบรังสีด้วยอนุภาคนิวตรอนตามที่กล่าวมาแล้วได้