

บทที่ 1

บทนำ



ปัญหาทางสุขภาพในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเกี่ยวข้องกับไอของปรอทและสารประกอบปรอทเป็นที่ทราบกันมานานแล้ว นอกจากนี้ปริมาณและพิษของเมทิลเมอร์คิวรี (Methyl mercury) ใน food chains อาจมีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยปรอทลงไปเป็นสิ่งแวดล้อม จึงควรมีการศึกษาวิธีการลดปริมาณและป้องกันการแพร่กระจายของปรอทในแหล่งน้ำทั่วไป

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปลาและกินตะกอนใน North America ปรากฏว่ามีปรอทจำนวนมากสะสมอยู่ในตัวอย่างเหล่านั้น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับโรงงานผลิตโซดาไฟที่ใช้ เมอร์คิวรี เซลล์ (Mercury cell) ในขบวนการผลิต ดังนั้นทุกจุดในโรงงานผลิตโซดาไฟควรมีขั้นตอนในการที่จะลดปริมาณปรอทจนกระทั่งปรอทที่ปล่อยออกจากโรงงานนั้น ๆ มีปริมาณน้อยกว่า 0.23 kg/day (Richard Perry, 1974)

### ภูมิหลัง

เนื่องจากนายสาโรจน์ สุขเจริญ (1978) ได้ทำรายงานทางวิชาการเกี่ยวกับเรื่อง "Alarming signs of mercury pollution in a fresh water area of Thailand" ว่าตัวอย่างปลาและนกกที่เก็บในบริเวณใกล้เคียงในโรงงานผลิตโซดาไฟมีปริมาณปรอทค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าในบริเวณเหล่านั้นมีการแพร่กระจายของปรอทเกิดขึ้นแล้ว แต่ในรายงานมิได้ระบุสถานที่เก็บตัวอย่างโดยแน่ชัด

### วัตถุประสงค์ในการวิจัย

การวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์นี้เป็นงานสำรวจแหล่งน้ำบริเวณรอบโรงงานผลิตโซดาไฟพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำ, ปลา และกินตะกอนมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อต้องการทราบว่ามียิบบริเวณใก้ข้างที่อยู่ใกล้เคียงโรงงานผลิตโซลาไฟมี ปริมาณปรอทสูง และจากผลของการวิเคราะห์นั้นพอจะนำมาสรุปได้หรือไม่ว่าการแพร่กระจาย ของปรอทเกิดขึ้นแล้ว

2. ต้องการทราบว่าถ้ามีการแพร่กระจายของปรอทจริง ๆ แล้วจะเกิดขึ้นโดยวิธีใด เช่น เกิดจากการแพร่กระจายจากน้ำฝนของโรงงาน หรือเป็นเพราะมาตรฐานข้อบังคับ การปล่อยน้ำทิ้งที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรมยังไม่รัดกุมพอ หรือมีการแพร่กระจายโดยวิธีอื่น ๆ

### ขอบเขตของการวิจัย

ทำการสำรวจเก็บตัวอย่างน้ำ, ปลา และดินตะกอน ในบริเวณใกล้เคียงโรงงานผลิตโซลาไฟในเขตอุตสาหกรรมพระประแดง กับบริเวณที่เข้าใจว่าไม่มีการแพร่กระจายของปรอท ในพื้นที่กำหนดบริเวณท่าเรือคลองเตยเป็นสถานีหรือบริเวณที่ไม่มีการแพร่กระจายของปรอท

### ทฤษฎี

#### ปรอทในสิ่งแวดล้อม

ปรอทเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่เป็นโลหะ แต่เป็นของเหลวสีเงินหนักเป็น 13.5 เท่าของน้ำ มีคุณสมบัติละลายน้ำได้เล็กน้อย ระเหิดได้ จึงทำให้สามารถแพร่กระจายเข้าไปในสิ่งแวดล้อมได้ ปรอททำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ เช่น เป็นออกไซด์ (Oxides), ซัลไฟด์ (Sulfide), สาร Organo mercury compound และเกลือต่าง ๆ เป็นต้น ปรอทแพร่กระจายเข้าไปในสิ่งแวดล้อมเป็นวัฏจักรทางธรรมชาติ นอกจากนี้แล้วมนุษย์ก็ยังทำให้มีการแพร่ของปรอทเพิ่มขึ้นโดยทำให้ความสมดุลทางธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเกิดอันตรายแก่มนุษย์ชาติและสิ่งที่มีชีวิตอื่น ๆ

#### ในหินและแร่ธาตุ

การหลอมละลาย, การชะล้าง, การแตกสลายของหินและแหล่งแร่ที่มีปรอททำให้เกิดการแพร่กระจายของปรอทโดยวิธีธรรมชาติ พบว่าในชั้นหินภายใต้เปลือกโลกมีปรอท

ประมาณ  $0.01 - 20 \mu\text{g/g}$ , หินตะกอนมีปรอทน้อยกว่า  $0.1 \mu\text{g/g}$  ส่วนพวก fossil deposition ใน Organic rich shale มีปรอทประมาณ  $10 \mu\text{g/g}$  (W.T. Pecora, 1970)

### ในบรรยากาศ

ปรอทจะแพร่กระจายเข้าสู่บรรยากาศโดยการระเหิด พบว่าปรอทเหนือแหล่งแร่ปรอทที่มีประมาณ  $20 \mu\text{g/m}^3$  เหนือแหล่งแร่ทองคำมีปรอทมากกว่า  $1.5 \mu\text{g/m}^3$  ความเข้มข้นของปรอทในบรรยากาศทั่ว ๆ ไปประมาณ  $0.6 \mu\text{g/m}^3$  (J.H. Mc Carthy et al, 1970)

### ในน้ำฝน

น้ำเป็นตัวกลางสำคัญที่จะชะล้างไอปรอทในบรรยากาศตามอาณาบริเวณต่าง ๆ จากการสำรวจพบว่าหลังจากฝนตก ปรอทในบรรยากาศมีปริมาณน้อยจนวัดไม่ได้ เนื่องจาก

1. ฝนไถ้ทำการชะล้างเอาปรอทจากบรรยากาศลงมา
2. ฝนทำให้อุณหภูมิจนของบรรยากาศลดลงและทำให้การละลายของปรอทในบรรยากาศลดลงด้วย

ความเข้มข้นของปรอทในน้ำฝนประมาณ  $0.2 \mu\text{g/l}$  (Stock และ Cucuel, 1934)

### ในน้ำธรรมชาติ

น้ำในแม่น้ำลำคลองรวมทั้งน้ำใต้ดิน จะไหลผ่านและชะล้างสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งปรอทด้วย ทำให้ปริมาณปรอทเพิ่มขึ้น แต่จะมีการลดปริมาณของปรอทได้โดยวิธีธรรมชาติ เช่น พืชดูดซึมปรอทเอาไว้ ปรอทบางส่วนจะซึมอยู่ในดินตะกอนในแม่น้ำลำธาร ความเข้มข้นของปรอทในน้ำธรรมชาติมีน้อยกว่า  $0.1 \mu\text{g/l}$  (M.J. Fishman, 1970)

### ในสิ่งที่มีชีวิต

ปรอทจะเข้าสู่สิ่งที่มีชีวิตได้โดย Foodchains, ปรอทเมื่อเข้าไปใน

เนื้อเยื่อของสิ่งที่มีชีวิตจะเปลี่ยนเป็นเมทิล เมอร์คิวรี (Methyl mercury) ซึ่งละลายน้ำได้ดี

ปลาบางชนิดมีเมทิล เมอร์คิวรี ประมาณ  $4.0 \mu\text{g/g}$  ในเนื้อเยื่อ, ในเลือด พบปริมาณปรอท  $22.8 \mu\text{g/g}$  (Rucker และ Amend, 1969)

พืชก็กักเก็บปรอทได้เช่นเดียวกับปลาหรือสิ่งที่มีชีวิตอื่น ๆ แต่มีสิ่งหนึ่งที่ต่างกับสิ่งที่มีชีวิตอื่น ๆ ก็คือ ใ้มีการค้นพบว่ามีการกักเก็บปรอทในเนื้อเยื่อของพืชน้อย แม้ว่าแหล่งดินในบริเวณนั้นจะมีปรอทสูงมากก็ตาม (Hansford T. Shacklette, 1970)

### ใน Fossil fuels

เนื่องจาก Fossil fuels เป็นผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติของสิ่งที่มีชีวิตมาก่อนจึงมีปรอทสะสมอยู่ แควงจรของปรอท (Mercury cycle) จะหยุดโดยไม่มี การเพิ่มหรือลดของปรอทจนกว่าจะมีการนำมาใช้ เช่น ในถ่านหิน Bituminous coals มีปรอท  $1 - 25 \times 10^{-4} \mu\text{g/g}$  ใน Anthracite coals มีปรอท  $1.2 - 2.7 \mu\text{g/g}$  ใน crude petroleum มีปรอท  $1.9 - 21.0 \mu\text{g/g}$ , ใน Tars มีปรอท  $500 \mu\text{g/g}$  (W.T. Pecora, 1970)

วัฏจักรความเข้มข้นของปรอทในธรรมชาติจะสมดุลและมีค่าคงที่ เช่น ปริมาณปรอทในน้ำธรรมชาติไม่เกิน  $0.1 \mu\text{g/l}$  หรือปริมาณปรอทในบรรยากาศธรรมชาติ ประมาณ  $0.6 \mu\text{g/m}^3$  แต่ปัจจุบันความเข้มข้นของปรอทมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในขบวนการผลิตอุตสาหกรรม

### พิษและอันตรายจากปรอท

Luckey et al (1975) ใ้ชี้ให้เห็นว่าพิษของปรอทขึ้นกับรูปร่างเคมี (Chemical forms) ของปรอท

ปรอทโมโนวาเลนต์ (Monovalent mercury) มีพิษน้อย เพราะเกลือของมันละลายน้ำได้ยาก สิ่งที่มีชีวิตจะเปลี่ยนปรอทโมโนวาเลนต์เป็นปรอทพวกลีวาเลนต์ (Divalent mercury) ซึ่งมีพิษสูงมาก

ปรอทเหลวหรือไอปรอทมีพิษเป็น 5 เท่าของตะกั่ว (Lead) และมีพิษเท่ากับแคดเมียม (Cadmium) แต่มีพิษน้อยกว่าเบริลเลียม (Beryllium)

ปรอทเมื่อเข้าสู่ร่างกายของคนได้แล้วจะเข้าสู่เนื้อเยื่อโดยการหมุนเวียนของเลือด คอกจากนั้นจะสะสมในไต, ตับ, กระเพาะ, ลำไส้, สมอง, คอมน้ำลายและระบบประสาท

อันตรายแบบเฉียบพลันเนื่องจากปรอทนั้นเกิดขึ้นโดยหายใจเอาปรอทในรูปอนินทรีย์ (Inorganic mercury) ที่มีความเข้มข้นประมาณ  $1,200 - 8,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  เข้าไป (Marshall Sitting, 1976)

อาการที่แสดงออกมาให้เห็นคือ คลื่นเหียนอาเจียร, ปวดท้องอย่างรุนแรง, ท้องร่วง, ปวดศีรษะรุนแรง, กระเพาะ เหงือกและคอมน้ำลายจะไหม้เกรียม ระบบการหายใจและระบบประสาทผิดปกติ

ถ้าหายใจเอาปรอทพวกอนินทรีย์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  เป็นเวลานาน ๆ จะทำให้กล้ามเนื้อสัน, โลหิตจาง, ตื่นเต้นตกใจง่าย

เมอร์คิวสคลอไรด์ (Mercurous chloride) ไร้พิษร้ายแรงเช่น ยาฆ่าเชื้อโรค ยาถ่าย เป็นต้น

เมอร์คิวคลอไรด์ (Mercuric chloride) เมื่อรับประทานเข้าไปจะทำให้เป็นแผลในกระเพาะ, ลำไส้, เจ็บไต และถึงความตายในที่สุด

เมทิลเมอร์คิวรี (Methyl mercury) มีพิษร้ายแรงต่อมนุษย์เราเช่นกัน พบในแหล่งน้ำ ปรอทในรูปต่าง ๆ จะถูกเปลี่ยนเป็นเมทิลเมอร์คิวรี ซึ่งจะถูกลูกศรเข้าไปในสิ่งที่มีชีวิตในน้ำเช่นปลา แล้วจะแพร่กระจายเข้าสู่คนได้เมื่อรับประทานปลานั้นเข้าไป

#### ปรอทเข้าสู่ธรรมชาติโดยมนุษย์

โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งที่แพร่ปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณค่อนข้างสูง อุตสาหกรรมที่มีการแพร่กระจายของปรอทมีดังนี้

1. อุตสาหกรรมเหมืองแร่ปรอท, แร่ทองคำ, แร่ทองแดง เป็นต้น
2. อุตสาหกรรมทำสารเคมี เช่น Bacteriacides, Fungicides เป็นต้น
3. อุตสาหกรรมสี
4. อุตสาหกรรมพลาสติก
5. อุตสาหกรรมโซคาไฟ
6. อุตสาหกรรมอื่น ๆ

การแพร่กระจายของปรอทจนเกิดอันตรายต่อมนุษยชาติ มีปรากฏมาแล้วที่ Minamata ประเทศญี่ปุ่น (1953 - 1960) เป็นผลจากการปล่อยปรอทออกจากโรงงานผลิต Acetaldehyde เพราะไม่มีการควบคุมที่ดีพอ

ขณะนี้เหตุการณ์ดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นกับประเทศไทยก็ได้ เนื่องจากเริ่มมีการแพร่กระจายของปรอทจากโรงงานผลิตโซคาไฟแล้ว (สาโรจน์ สุขเจริญ, 1978) แต่มาตรการ การควบคุม การผลิต การแพร่กระจายของปรอทของโรงงานเหล่านี้ยังไม่รัดกุมพอ

#### มาตรฐานของปรอทในสภาวะแวดล้อม

ปัญหาของมาตรฐานของปรอทในสภาวะแวดล้อมนั้นเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ background (background concentrations) เนื่องจากมีการแพร่กระจายของปรอทเข้มข้นมาก จึงเป็นการยากที่จะตั้งมาตรฐานของปรอทในสภาวะแวดล้อม เพราะ :-

ประการที่ 1 Background หรือ Natural concentration บางที่มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด เช่น ปลาทูนาและปลาคาบ (Tuna and sword fish) ที่จับได้ในบริเวณที่ไม่มีการแพร่กระจายของปรอท คือ บริเวณใกล้มาเลเซียและแอฟริกา ปรากฏว่ามีปริมาณปรอทสูงกว่า  $0.5 \mu\text{g/g}$  (FDA ตั้งมาตรฐานปรอทในปลาประมาณ  $0.5 \mu\text{g/g}$ ) หรือบรรยากาศเหนือแหล่งแร่มีปรอทประมาณ  $20 \mu\text{g/m}^3$  สูงกว่าที่ EPA กำหนด คือ  $1 \mu\text{g/m}^3$  (สำหรับที่ชุมชน)

ประการที่ 2 เนื่องจากปริมาณปรอทสูงกว่า background levels ทำให้มีอันตรายเพิ่มขึ้น จึงเกิดการเจ็บป่วยล้มตายลง โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ปรอทบางโรงมีการระบายอากาศไม่ดีจะมีปรอทในบรรยากาศสูงกว่า  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ซึ่งสูงกว่า ACGIH กำหนดคือ  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

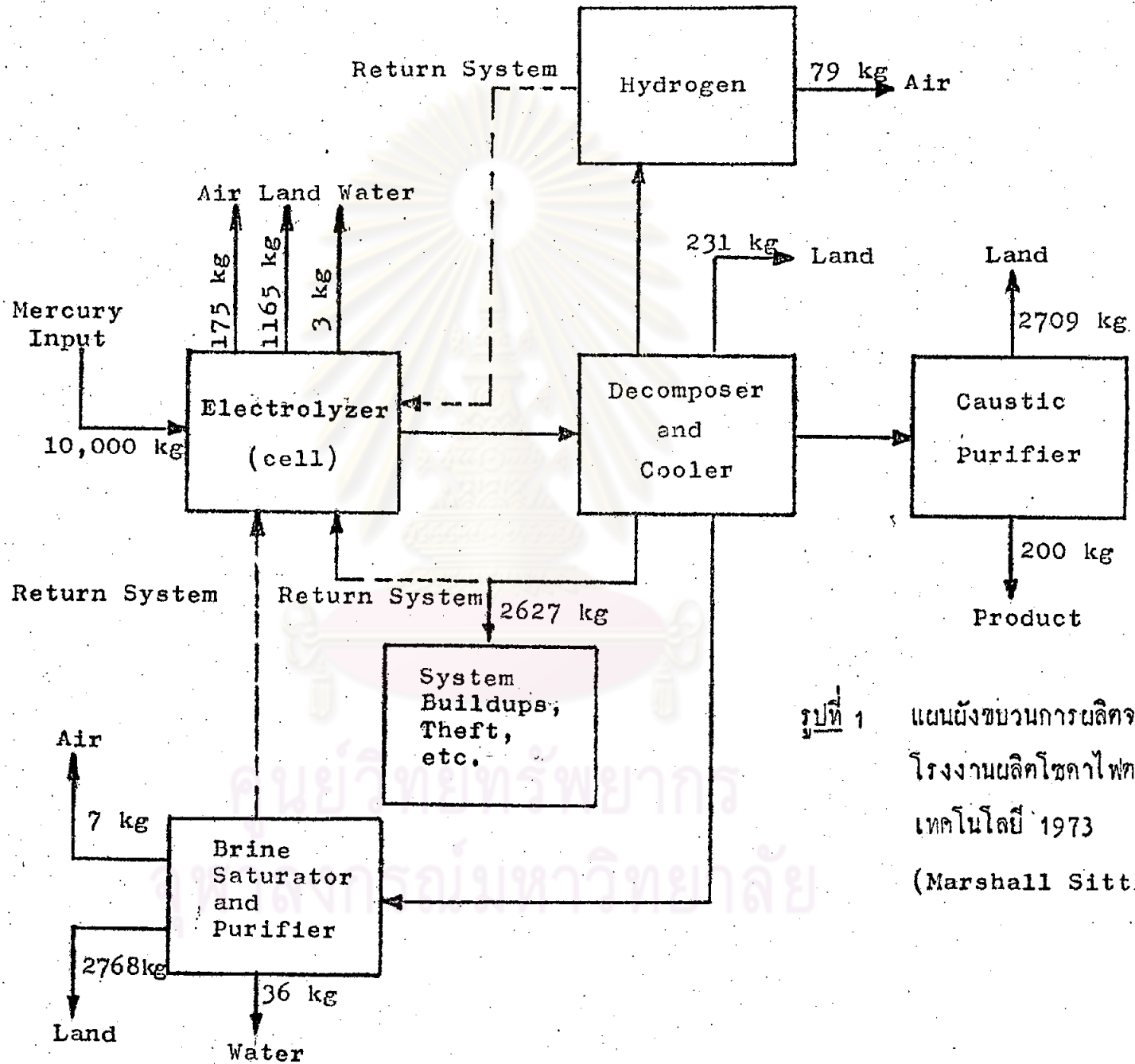
ประการที่ 3 ACGIH ตั้งค่า threshold limit ของอัลคิลเมอริ (Alkyl mercury) ประมาณ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ปรอทในรูปอื่น  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Food and Drug Administration ประเทศสวีเดนกำหนดว่า ปลาที่ใช้ในการบริโภคจะต้องมีปริมาณปรอทไม่เกิน  $0.5 \mu\text{g}/\text{g}$  (500 ppb)

#### การแพร่กระจายของปรอทจากโรงงานผลิตโซดาไฟ

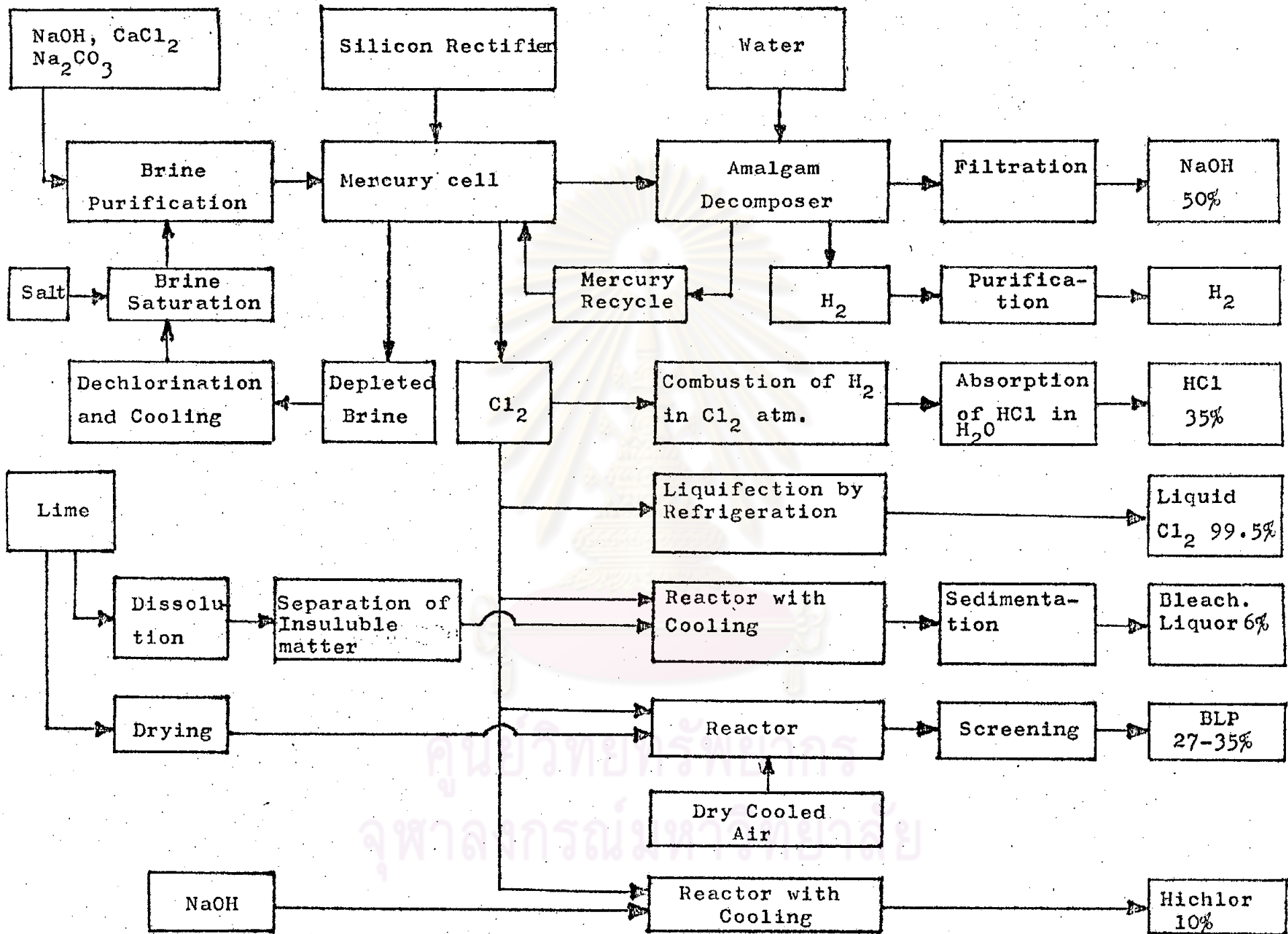
ขบวนการผลิตโซดาไฟโดยใช้ Mercury cell นั้น มีการดำเนินงานมานานแล้ว ปัญหาของขบวนการผลิตนี้มีอยู่หลายประการ ปัญหาอันคับแค้นคือ ต้นทุนการผลิต เพราะปรอทราคาสูงขึ้น ส่วนปัญหาที่สำคัญที่สุดก็คืออันตรายจากพิษของปรอทซึ่งยากแก่การควบคุม ทำให้ปรอทแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ดังรูปที่ 1 แสดงถึงขบวนการผลิตโซดาไฟตามเทคโนโลยี 1973 ซึ่งผลิตโซดาไฟ 570 ตันต่อวัน และก๊าซคลอรีน 500 ตันต่อวัน โดยใช้ปรอทในขบวนการนี้ประมาณ 10,000 กิโลกรัม

จากแผนผังการผลิตโซดาไฟตามเทคโนโลยี 1973 ซึ่งเห็นว่าบริเวณที่เกิดการแพร่กระจายของปรอทก็คือ Electrolyzer, Decomposer, Caustic purifier, Brine saturator ดังตัวเลขในตารางที่ 1 ถ้าเป็นโรงงานเก่าปริมาณของปรอทที่แพร่กระจายออกมาอาจจะสูงกว่านี้



รูปที่ 1  
แผนผังขบวนการผลิตจาก  
โรงงานผลิตโซดาไฟตาม  
เทคโนโลยี 1973  
(Marshall Sitting, 1976)





ตารางที่ 1 แสดงการแพร่กระจายของปรอทในโรงงานผลิตโซดาไฟ ตามเทคโนโลยี  
1973 (จากรูปที่ 1)

แหล่งที่มาการแพร่กระจาย ของปรอท	บรรยากาศ (kg)	น้ำ (kg)	พื้นดิน (kg)	ผลิตภัณฑ์ (kg)
Electrolyzer	175	3	1165	-
Decomposer	79	-	231	-
Brine saturator	7	36	2768	-
Caustic purifier	-	-	2709	200
Total	261	39	6873	200
% ของปริมาณปรอท	2.61	0.39	68.73	2

การแพร่กระจายของปรอทตามเทคโนโลยี 1973 มีดังต่อไปนี้

1. เกิดจากการรั่วของ Electrolyzer
2. มีปรอทเจือปนใน solid waste จาก cell
3. เกิดจากปรอทเจือปนในน้ำที่ล้าง cell
4. ปรอทระเหิดเข้าสู่บรรยากาศ
5. มีไฮโดรเจนปนออกมากับก๊าซ Hydrogen ที่รอบบริเวณ Decomposer
6. ปรอทปนกับ solid waste จาก Decomposer
7. บริเวณ Caustic purifier ปรอทจะปนใน solid waste หรือ  
เจือปนในผลิตภัณฑ์
8. บริเวณ Brine saturator จะมีปรอทแพร่สู่บรรยากาศ, น้ำ และดิน

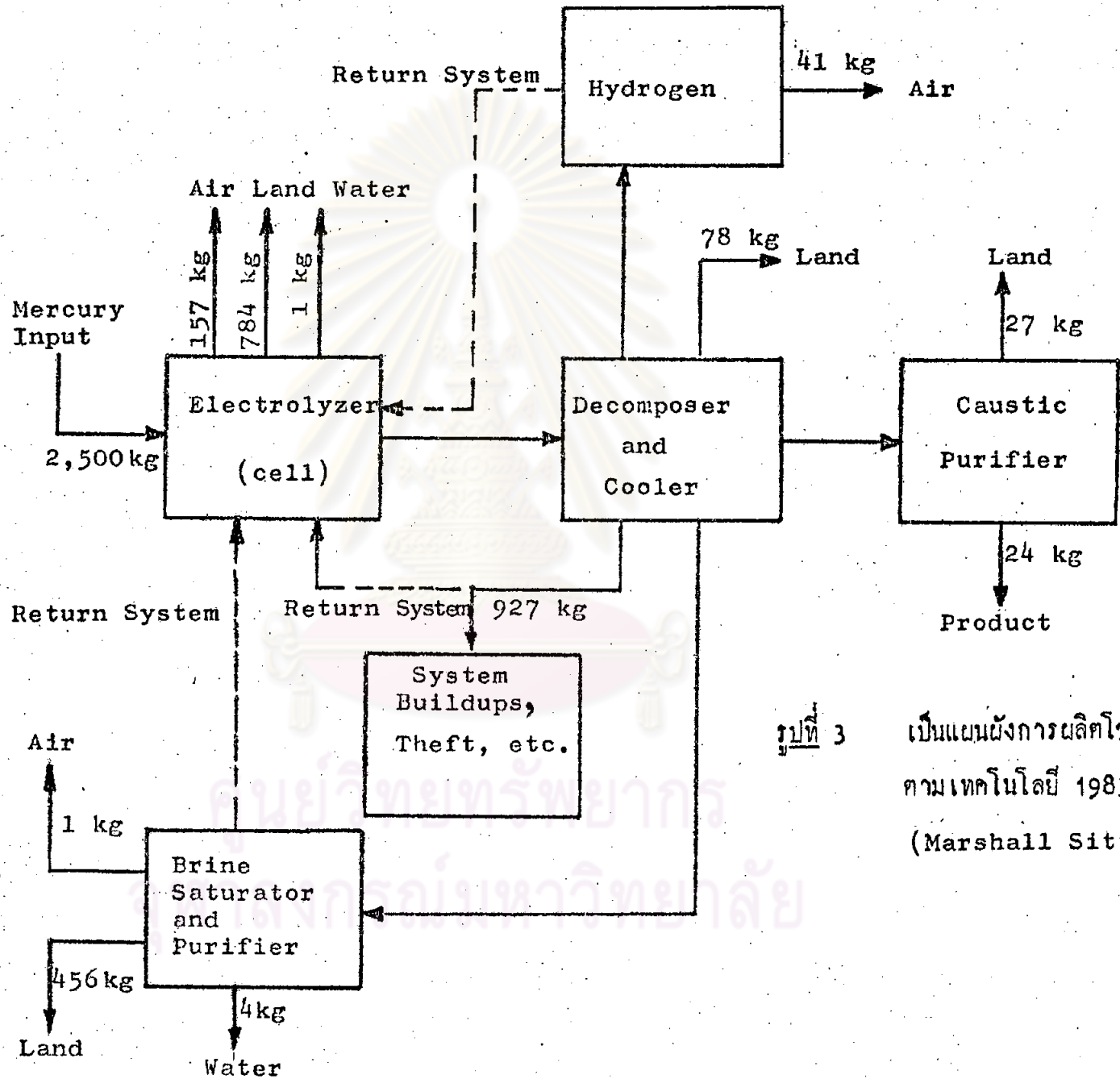
หลักการที่จะลดการแพร่กระจายของปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากโรงผลิตโซดาไฟ

มีดังนี้

1. ตรวจสอบและควบคุมการรั่วของ cell
2. น้ำทิ้งจากโรงงานมีวิธีการลดปริมาณปรอทดังนี้
  - วิธี Sulfide trap
  - วิธี Alloy formation
  - วิธี Ion exchange system
  - วิธี Activated carbon
3. Solid waste จากโรงงานจะลดปริมาณปรอทได้โดยใช้การล้างทางเคมี (Chemical washing) ซึ่งจะช่วยให้การ recovery ของปรอทด้วย ล้วนน้ำเสีย ก็จะผ่านวิธีขจัดปรอทเหมือนข้อ 2
4. วิธีการลดปริมาณของปรอทที่แพร่สู่บรรยากาศมีดังนี้
  - ใช้ Scrubbing system (โดยพ่น chemical solution เพื่อจับปรอท)
  - ใช้ Cooling exhausting gas

ในขบวนการผลิตโซดาไฟตามเทคโนโลยี 1973 จะผลิตกาซคลอรีน 500 ตันต่อวัน, โซดาไฟ 570 ตันต่อวัน ปริมาณของปรอทจะแพร่กระจายออกไปหรือสูญเสียไป 0.4 ปอนด์ต่อการผลิตกาซคลอรีน 1 ตัน

ถ้าใช้เทคโนโลยี 1983 ในการปรับปรุงขบวนการผลิตโซดาไฟจะได้กาซคลอรีน 500 ตันต่อวัน, โซดาไฟ 570 ตันต่อวัน ปริมาณของปรอทจะแพร่กระจายไปเพียง 0.1 ปอนด์ต่อการผลิตกาซคลอรีน 1 ตัน (Marshall Sitting, 1976)



รูปที่ 3

เป็นแผนผังการผลิตโซดาไฟ  
ตามเทคโนโลยี 1983  
(Marshall Sitting, 1976)

ตารางที่ 2 แสดงถึงการแพร่กระจายของปรอทในโรงงานผลิตโซดาไฟตามเทคโนโลยี 1983 (จากรูปที่ 2)

แหล่งที่มีการแพร่กระจาย ของปรอท	บรรยากาศ (kg)	น้ำ (kg)	พื้นดิน (kg)	ผลิตภัณฑ์ (kg)
Electrolyzer	157	1	784	—
Decomposer	41	—	78	—
Brine saturator	1	4	456	—
Caustic purifier	—	—	27	24
Total	199	5	1,345	24
% ของปริมาณปรอท	7.96	0.20	53.80	0.96

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย