



สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาและการคำนวณ

1. ชื่อ : พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

2. ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการกองธุรกิจเสริมด้านระบบผลิต

3. สถานที่ทำงาน : การประปานครหลวง

- การศึกษา :

1. ระดับปริญญาตรี สาขา วิทยาศาสตร์สุขภาพ จาก มหาวิทยาลัยมหิดล

2. ระดับปริญญาโท สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- การฝึกอบรมต่างประเทศ

1. *Training course Yokohama Training Program 2001 in Japan*

สารเคมีที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับสภาพน้ำ
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน
3. เพื่อการตกตะกอนผลึก (Precipitation)
4. เพื่อการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)



1. เพื่อปรับสภาพน้ำ

- การปรับค่า pH ให้สูงขึ้นโดยการเติมโซดาไฟ (NaOH) หรือปูนขาว (CaO)
- การปรับค่า pH ให้ต่ำลงโดยการเติมกรดกำมะถัน (H_2SO_4)

2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน

หมายถึงการเติมสารเคมีลงไป在水里เพื่อลดประจุไฟฟ้าทำให้อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย คือ กระบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation)



สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Coagulant คือ สารเคมีชนิดสารอนินทรีย์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์และสามารถรวมตัวกันเป็น floc ขนาดใหญ่ขึ้น

เช่น - สารส้ม(Aluminum Sulfate) ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)

- Polyaluminium Chloride (PAC หรือ PACl)

- Ferric Chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

2. Coagulant Aid คือ สารเคมีประเภทสารอินทรีย์ที่เติมลงในน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสาร Coagulant โดย Coagulant Aid จะต้องใช้ควบคู่กับ Coagulant ไม่สามารถใช้อย่างเดียวได้ เช่น

- Polymer (Cationic Polymer, Anionic Polymer และ Nonionic Polymer)
- Activated Silica ใช้ Sodium Silicate and Sulfuric Acid เป็นวัตถุดิบ
- ดินเหนียว
- Kaolin



การทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของอนุภาคคอลลอยด์ โดยกลไกวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

1. กลไกลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer)

โดยการเพิ่มประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์(ในชั้นกระจายให้มากขึ้น) ซึ่งจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า (Zeta Potential) ที่ผิวนอกสุดของน้ำลดตามไปด้วย กล่าวคือไอออนที่มี valence สูงกว่าจะมีอำนาจมากกว่า

2. กลไกการดูดติดผิวและทำลายประจุของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption and Charge Neutralization)

โดยใส่สารเคมีบางหมู่ที่มีความสามารถให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์และดูดติดผิวได้ ซึ่งจะมีผลในการลดศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์ ซึ่งเป็นการทำลายเสถียรภาพนั่นเอง



3. กลไกการสร้างผลึกขึ้นมาเพื่อให้อนุภาคคอลลอยด์มาเกาะจับ (Sweep Coagulation)

เติมสารประกอบเกลือของโลหะบางชนิด(สารอินทรีย์)ลงไป在水ในปริมาณที่พอเพียงจะมีการตกผลึกขึ้น เช่น การใส่สารส้มให้เกิดผลึก $Al(OH)_3$ เหมือนวุ้นสีขาว เพื่อให้อนุภาคมามากแล้วรวมกันเป็นฟล็อก(Floc) ได้ กลไกนี้ขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำ ในระบบผลิตน้ำประปามักใช้กลไกนี้ เนื่องจากกลไกนี้ไม่จำเป็นต้องทำลายประจุที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์

4. กลไกการสร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคคอลลอยด์(Polymer Bridging)

โดยใช้สารโพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่(สารอินทรีย์) เมื่อใส่ลงในน้ำจะให้ก้อนเป็นจำนวนมากเพื่อเกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์



อนุภาคคอลลอยด์ที่หมดเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มาสัมผัสและเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อกคูเลชัน(Flocculation) การสร้างสัมผัสในถังกวนข้ามนี้นี้

1. ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสัมผัสเกิดขึ้น วิธีปฏิบัตินี้เป็นที่นิยมมากที่สุด คือการกวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่างๆมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสกันเกิดขึ้น และเรียกรววิธีการสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า Orthokinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกคูเลชันแบบนี้ควรมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน (ใช้พลังงานภายนอกมากระทำ) ในทางปฏิบัติเหมาะที่จะใช้ในระบบประปา

2. การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ อาจเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเองหรือถูกชนด้วยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน(brownian motion) เรียกว่า Perikinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกคูเลชันแบบนี้ควรมีขนาดน้อยกว่า 1 ไมครอน (ไม่มีพลังงานภายนอกมากระทำ ขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้นของอนุภาค ความหนืดของน้ำและการเคลื่อนไหว) ในทางปฏิบัติไม่เหมาะที่จะใช้ในระบบประปา

กลไก coagulation ด้วยสารส้ม(Alum)

1. กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption and Charge neutralization)

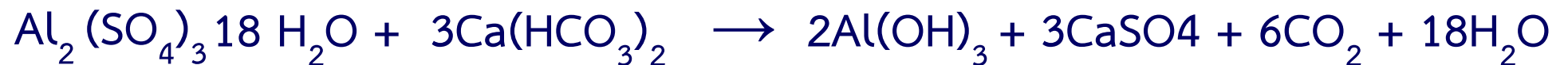
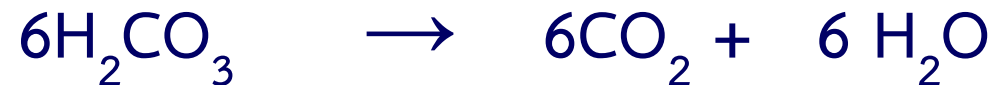
เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มที่มีประจุบวก ทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ซึ่งมีประจุเป็นลบให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการสร้างโอกาสสัมผัสให้อนุภาครวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนด้วยน้ำหนักเพียงลำพัง

2. กลไกแบบกวาด (Sweep Coagulation)

ในกรณีความเข้มข้นของสารส้มเกินพอจนปฏิกิริยาดำเนินต่อไปจนได้ $\text{Al}(\text{OH})_3$ การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกนี้ จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมสารส้มเป็นจำนวนมากพอ จนมีความเข้มข้นเกินจุดอิ่มตัว ซึ่งทำให้เกิดผลึกของ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ซึ่งมีลักษณะเหนียว สามารถห่อหุ้มอนุภาคและทำให้ผิวอนุภาคมีความเหนียว ไม่แสดงอิทธิพลของประจุไฟฟ้า

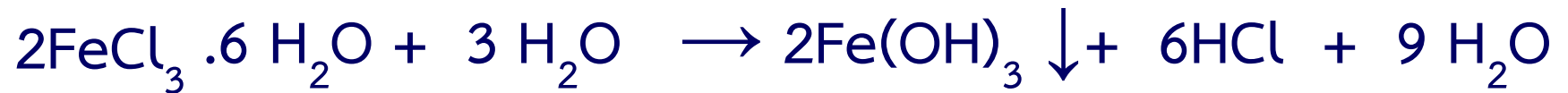
Coagulation Chemistry

1. Aluminium Sulfate (Alum) : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot X \text{H}_2\text{O}$



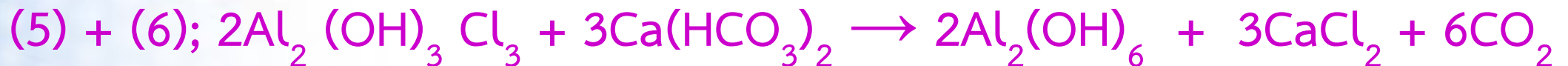
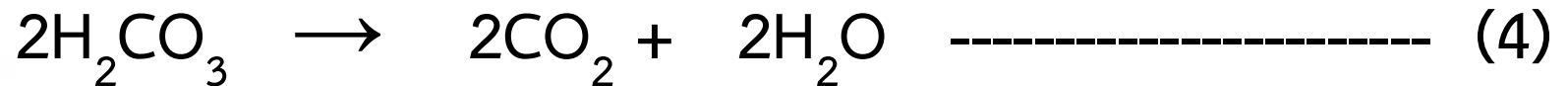
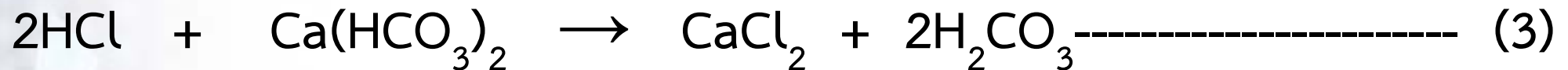
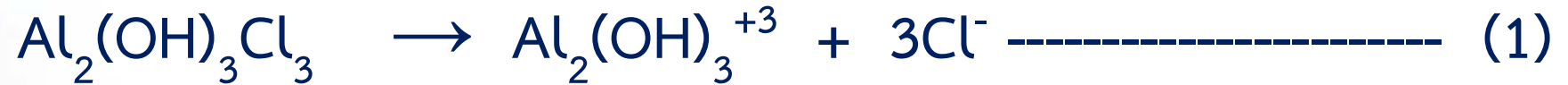
Coagulation Chemistry

2. Ferric Chloride : $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



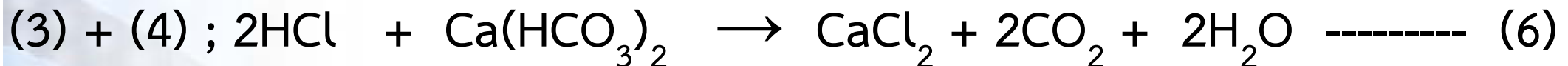
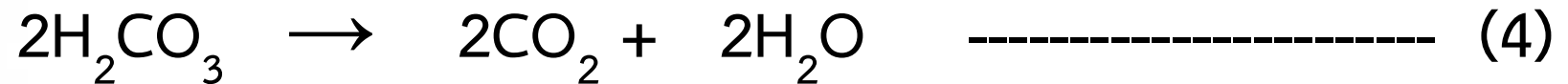
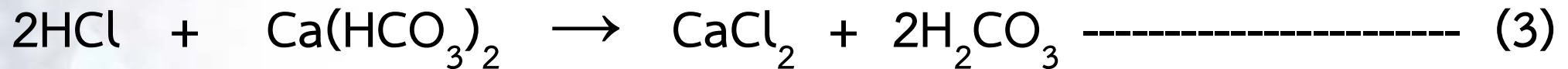
Coagulation Chemistry

3. Polyaluminium Chloride : PACl



Coagulation Chemistry

4. Aluminium Chlorohydrate : ACH



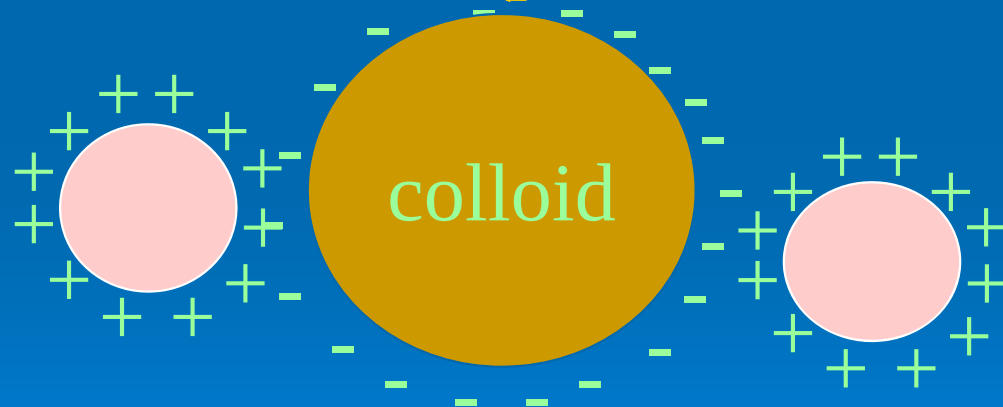
ปฏิกิริยาการเกิดตะกอน (coagulation and flocculation)

สารสร้างตะกอน เมื่อละลายน้ำจะมีการแตกตัวทำให้เกิดไอออนที่มีประจุบวกในช่วง pH ที่เหมาะสม

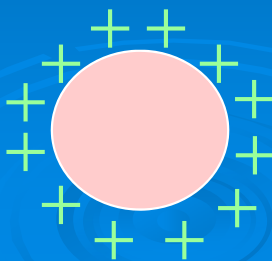
- สารประกอบเหล็ก ($FeCl_3$ หรือ $FeSO_4$) $\rightarrow Fe^{3+}, Fe^{2+}$

- สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3 \times *H_2O$) $\rightarrow Al^{3+}, Al(OH)^{2+}, Al(OH)_2^+$

(pH 5.0–7.0 อาจเติมปูนขาวเพื่อปรับ pH ลด)



เกาะกับอนุภาคคอลลอยด์
เป็นปฏิกิริยาตะกอน (*floc*)



การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน

ในการเลือกใช้ชนิดสาร Coagulant หรือ Coagulant Aid และ ปริมาณที่ใช้จะต้องทำการทดลองถึงจะได้ค่าที่เหมาะสม (Optimum Dose) สำหรับน้ำดิบนั้นๆ การทดลองที่นิยมใช้ได้แก่ การทำ Jar Test และการวัดค่าศักย์ทางไฟฟ้า (Zeta potential)

- Jar Test จะวัดค่าความขุ่นของน้ำหลังจากการทิ้งให้ตกตะกอน
- Zeta potential จะเป็นการวัดค่า Z_p ให้มีค่าใกล้เคียง 0 มากที่สุด

R TEST

เป็นการทดสอบหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม
เพื่อลดระลอกความขุ่นออกจากน้ำดิบ

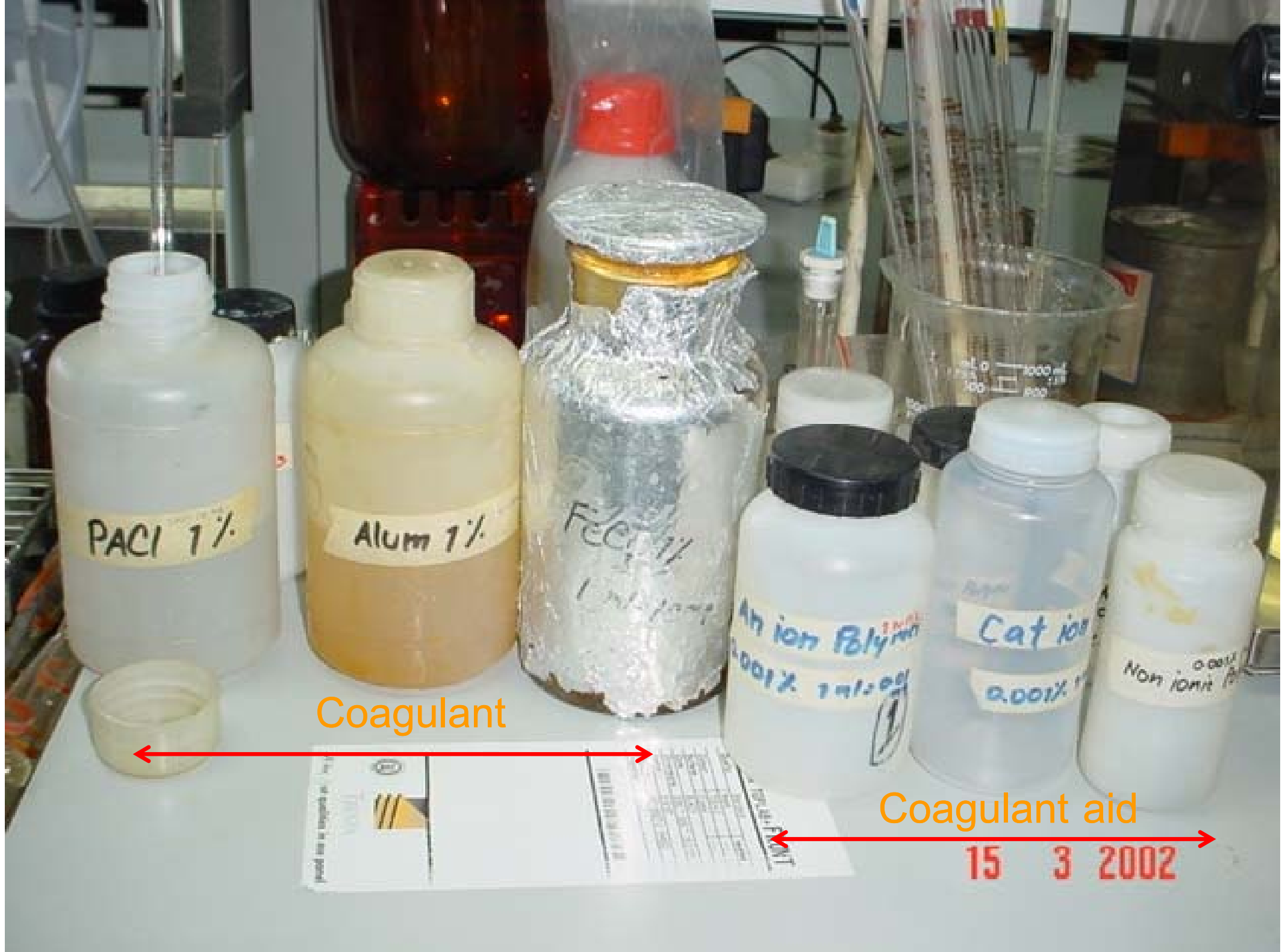
เครื่อง Jar Test

#8011-32-002

02



15 3 2002



PACI 1%

Alum 1%

FeCl₃ 1%

An ion Polymer
0.001% 1ml:100

Cat ion
0.001%

Non ion
0.001%

Coagulant

Coagulant aid

15 3 2002

การเตรียมสารละลาย 50%(W/W) ให้ได้ 1%(W/V)

สารละลาย 50% หมายถึงสารละลาย 100 gm มีเนื้อสาร 50 gm
เราต้องการเตรียมสารละลาย 1% หมายถึง

$$\frac{1 \text{ kg}}{100 \text{ l}} = \frac{1000 \text{ g}}{100 \text{ l}} = \frac{1000 \text{ g} \times 1000 \text{ mg}}{100 \times 1000 \text{ ml}} = \frac{10 \text{ mg}}{1 \text{ ml}}$$

นั่นคือ สารละลาย 1 ml มีเนื้อสาร = 10 mg

$$\text{ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย } 1000 \text{ ml มีเนื้อสาร} = \frac{1000 \times 10}{1} = 10,000 \text{ mg}$$

$$\text{เนื้อสาร} = 10 \text{ g}$$

จาก Stock Solution สารละลาย เนื้อสาร 50 gm จากสารละลาย = 100 กรัม

ถ้าต้องการเนื้อสารส้ม 10 gm จะได้จากสารส้มน้ำ = $\frac{100 \times 10}{50}$ กรัม

= 20 กรัม

นั่นคือชั่งสารส้มน้ำ 50% มา 20 กรัม ละลายน้ำให้ได้ 1,000 ml จะได้สารส้ม 1%

(1 ml = 10 mg)

แต่ถ้าต้องการทราบว่าเนื้อสารส้ม 20 กรัม จะมีปริมาตรเท่าใด ให้ใช้ สูตร

$$W = Vsd$$

เมื่อ

W = น.น.สาร (กรัม)

V = ปริมาตรสาร (มิลลิลิตร)

S = ถ.พ.สาร

d = 1 ความหนาแน่นน้ำ(กรัม/ลิตร)ที่อุณหภูมิ 25°C



แทนค่าลงในสูตร S สารส้มน้ำ 50% = 1.273

$$20 = V \times 1.273 \times 1 \quad \text{ml}$$

$$V = 15.71 \quad \text{ml}$$

นั่นคือ ดูดสารส้มน้ำ 50% มาประมาณ 15.71 ml จะได้เนื้อสารส้ม
เท่ากับ 20 กรัม (อยู่ในรูป $\text{mg/l as Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O}$)



การเตรียม PACl น้ำ 1 %(W/V) จาก PACl น้ำ 35 %(W/W)

จาก PACl น้ำ 35 % หมายถึง สารละลาย PACl 100 มิลลิกรัม มีเนื้อ PACl อยู่จริง 35 มิลลิกรัม

ถ้าเราต้องการเตรียม PACl น้ำ 1 % หมายถึงเนื้อ PACl 10 มิลลิกรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตร

จาก Stock Solution PACl น้ำ 35 มิลลิกรัมมาจากสารละลาย PACl = 100 มิลลิกรัม

ถ้าเราต้องการเตรียม PACl 10 มิลลิกรัมจะได้จากสารละลาย PACl = $\frac{100 \times 10}{35}$

= 28.6 มิลลิกรัม

นั่นคือ ชั่งสารละลาย PACl 35 % มา 0.0286 กรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตรจะได้ความเข้มข้น PACl 1 % ถ้าต้องการเตรียมที่ 100 มิลลิลิตรจะต้องชั่ง PACl 35 %

= 0.0286×100 กรัม = 2.86 กรัม

(อยู่ในรูป mg/l as PACl)

วิธีการเตรียม FeCl_3 40% (W/W) ให้ได้ 1%(W/V)

FeCl_3 1 % หมายถึง FeCl_3 10 มิลลิกรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตรการ
ใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$ จะทำไม่ได้เพราะจะเป็น W/W แต่ที่เราต้องการคือ
W/V ดังนั้น

จากเนื้อ FeCl_3 40 มิลลิกรัมของ FeCl_3 มาจากสารละลาย $\text{FeCl}_3 = 100$ มิลลิกรัม
ถ้าต้องการ FeCl_3 10 มิลลิกรัมจะต้องใช้สารละลาย $\text{FeCl}_3 = \frac{10 \times 100}{40}$
 $= 25$ มิลลิกรัม



ดังนั้นจึงสารละลาย FeCl_3 40 % มา 25 มิลลิกรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตรจะได้ความเข้มข้น FeCl_3 1 %

จากสมการ

$$W = vds \quad (s \text{ FeCl}_3 = 1.438)$$

แทนค่า

$$0.025 \text{ gm} = V \times 1 \times 1.438$$

$$V = 0.0173 \text{ มิลลิลิตร}$$





02

2100P TURBIDIMETER

3.38 NTU

HACH

EDIT



MODE

CAL

DIAG

SIGNAL
AVERAGE

RANGE

READ

POWER



เครื่องมือวัดความขุ่น(Turbidity)

15

3 2002

Burette D
Top Collection

ชุดวิเคราะห์ความเป็นด่าง

Buffer acid
0.02 M
Volume 20 (ml) (2002)

15 3 2002

ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชั่น ด้วย JAR TEST

1. สร้าง Flow Chart เพื่อแสดงขั้นตอนการทดลอง

2. วิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ

1. Turbidity = 93.8 NTU

2. pH = 7.26

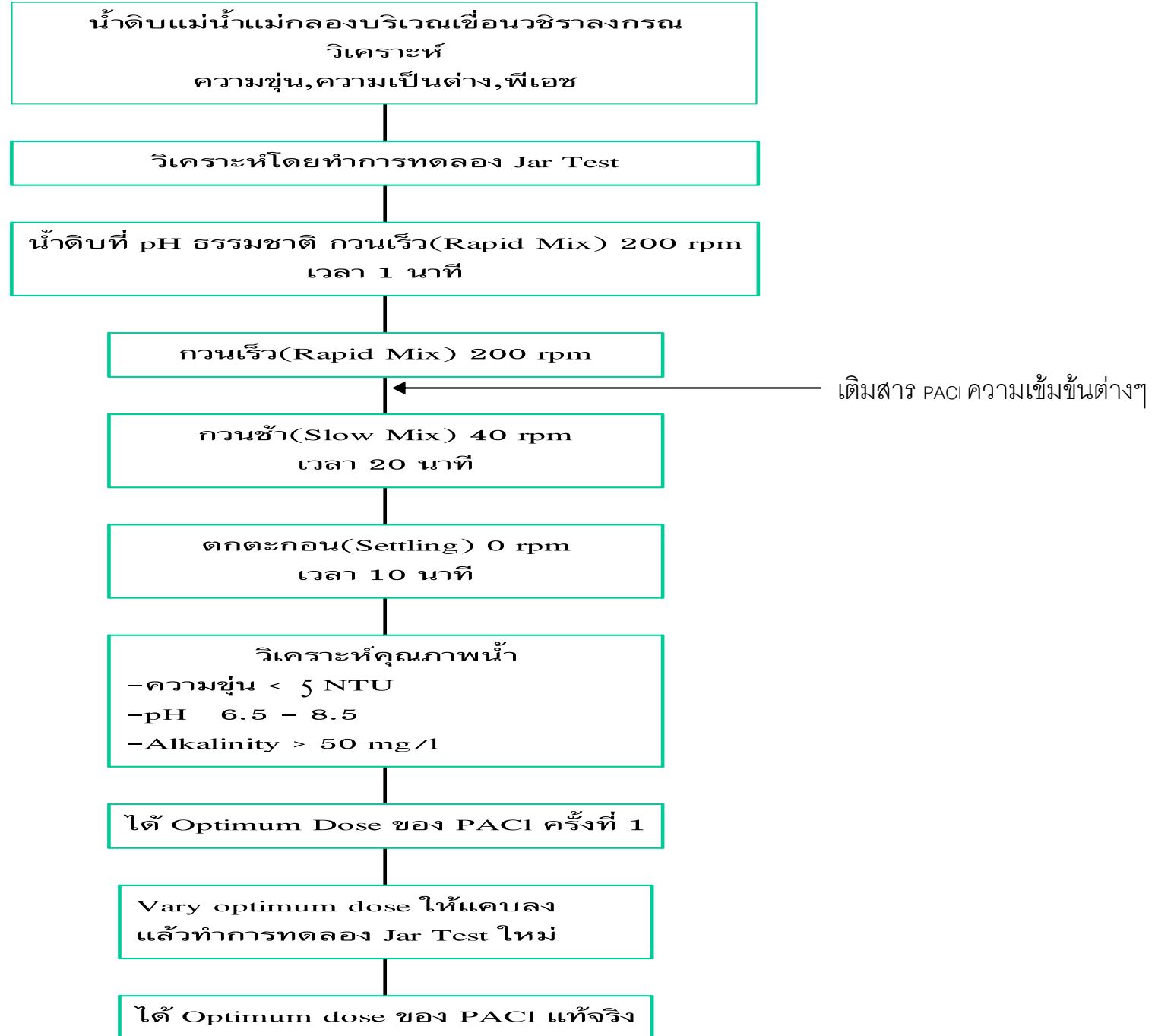
3. Alkalinity = 32 mg/l as CaCO_3

3. เลือกใช้สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

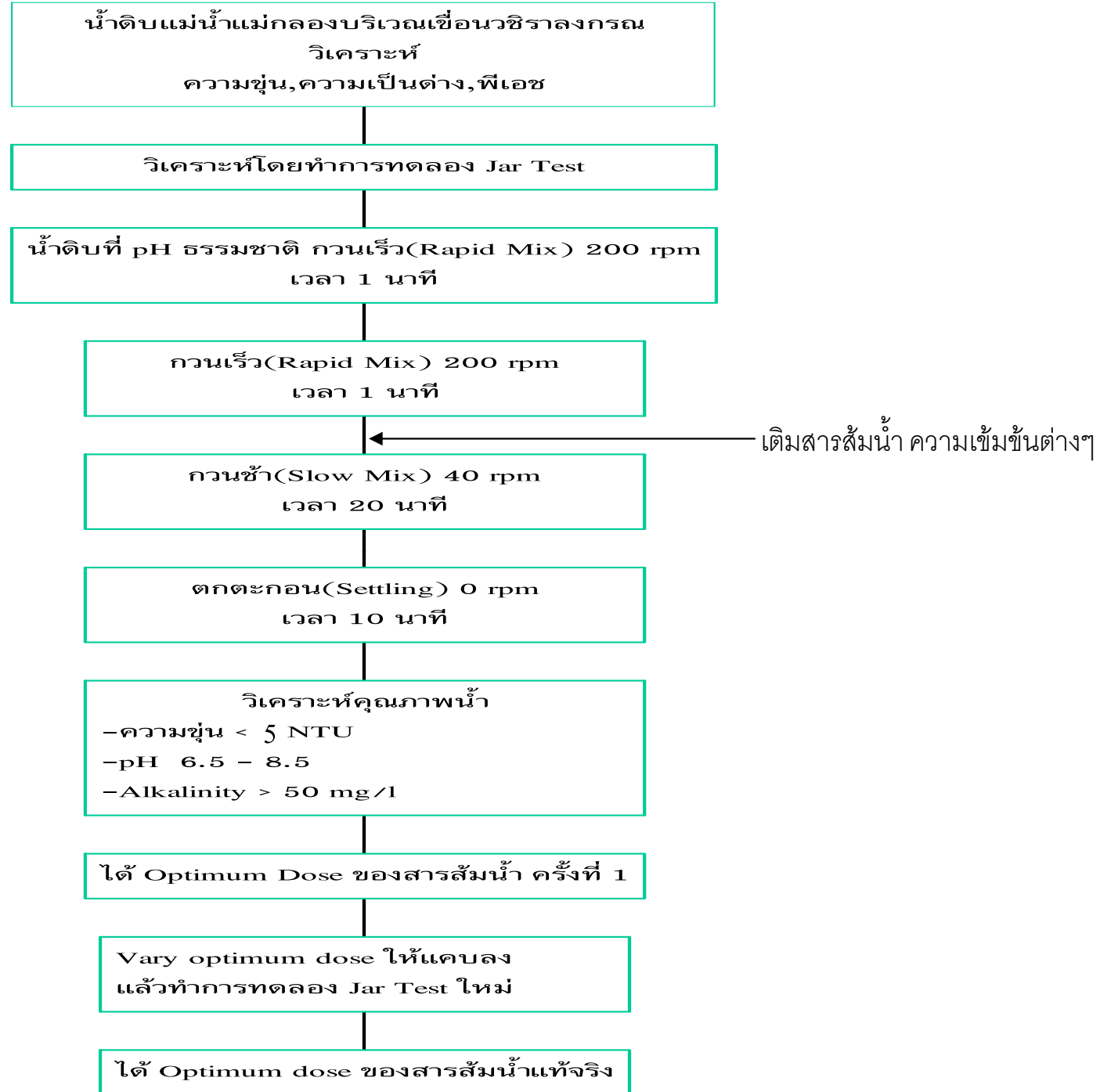
3.1. สารเคมีชนิด Coagulant 2 ชนิด คือ สารส้ม (Aluminium Sulfate) และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)

3.2. สารเคมีชนิด Coagulant Aid ชนิด Anionic Polymer

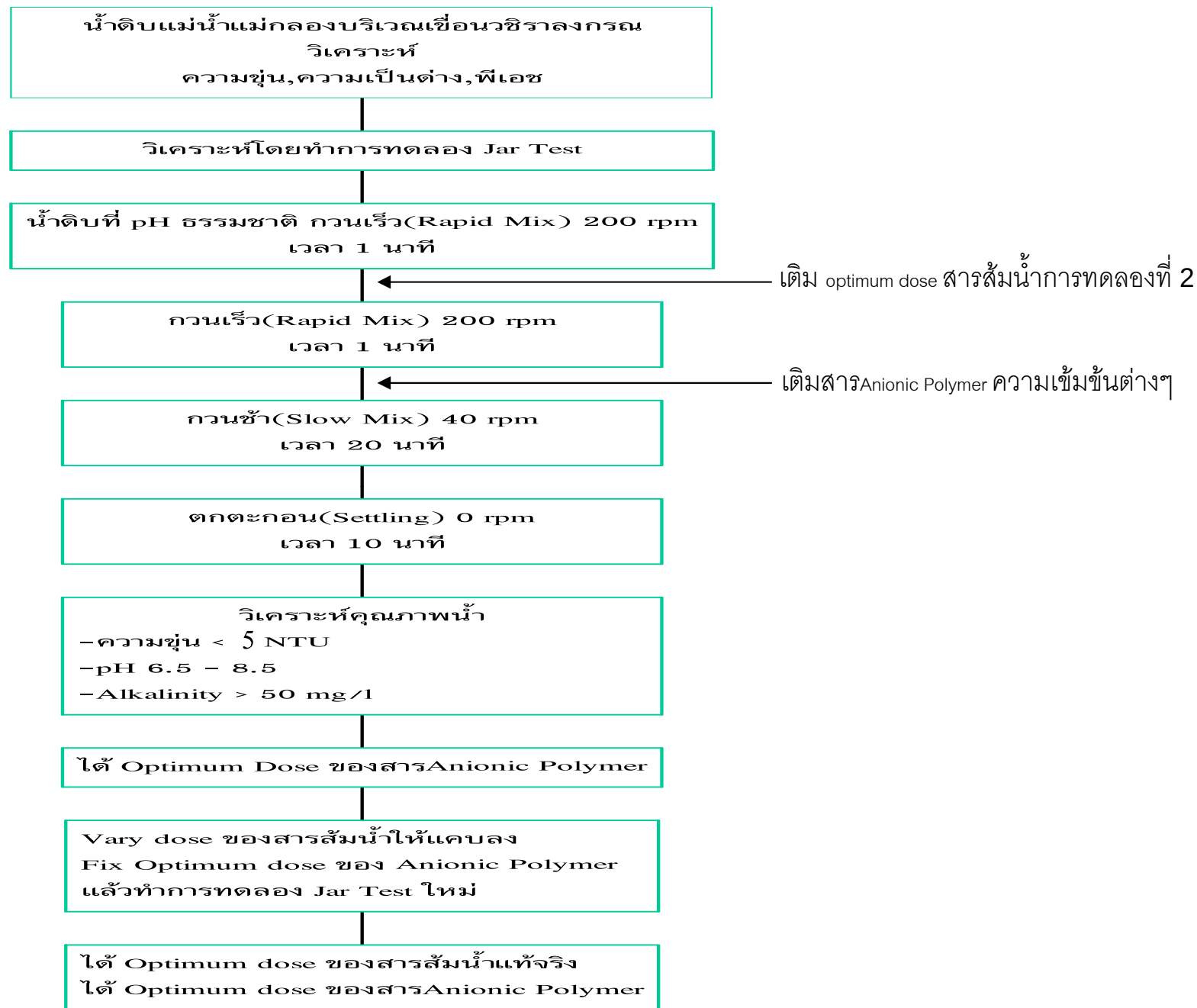




ภาพที่ 1 แสดงการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ชนิดสาร PACl



ภาพที่ 2 แสดงการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ชนิดสารส้ม น้ำ



ภาพที่ 3 แสดงการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ชนิดสารส้มน้ำและ Anionic Polymer(หลัง)

ผลการทดลอง ที่ 1

1. สารเคมีชนิดโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ครั้งที่ 1

	1	2	3	4	5	6
Dosage PACl ppm	10	15	20	25	30	35
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	9.13	4.55	6.77	28.2	51.2	75.2
pH	7.09	7.00	6.84	6.71	6.65	6.49
Alkalinity mg/l as CaCO_3	30	28	26	22	20	20



รทำ JAR TEST

เป็นการทดลองหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม

เพื่อตกตะกอนความขุ่นออกจากน้ำดิบ

เครื่อง Jar Test

86811-35-002

5000009217

6

PAC
1%

C-11a

C-10a

Slow Mix = 40 rpm



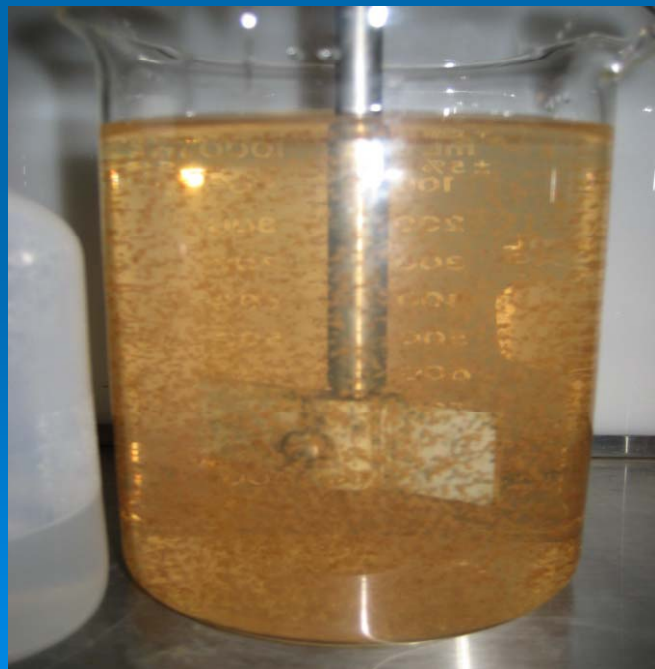
10 mg/l



15 mg/l



20 mg/l



25 mg/l



30 mg/l



35 mg/l

Settling = 0 rpm



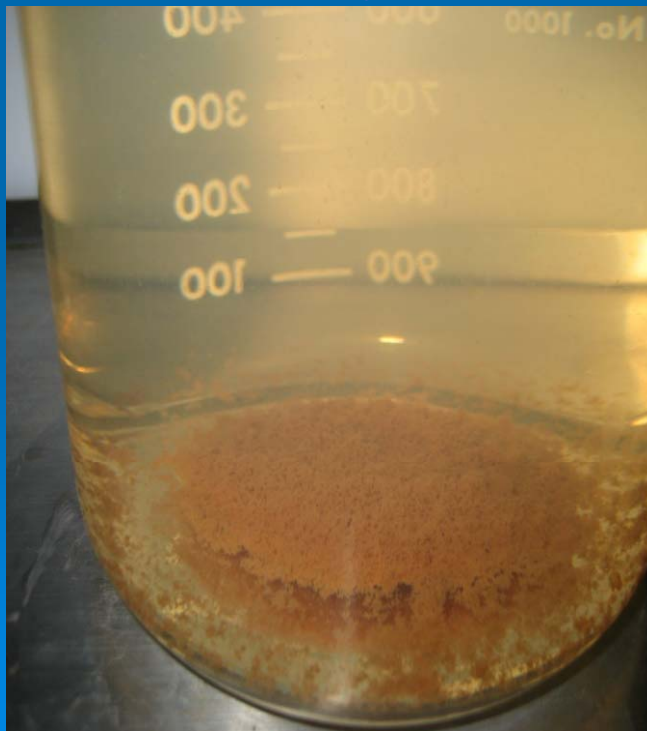
10 mg/l



15 mg/l



20 mg/l



25 mg/l



30 mg/l



35 mg/l

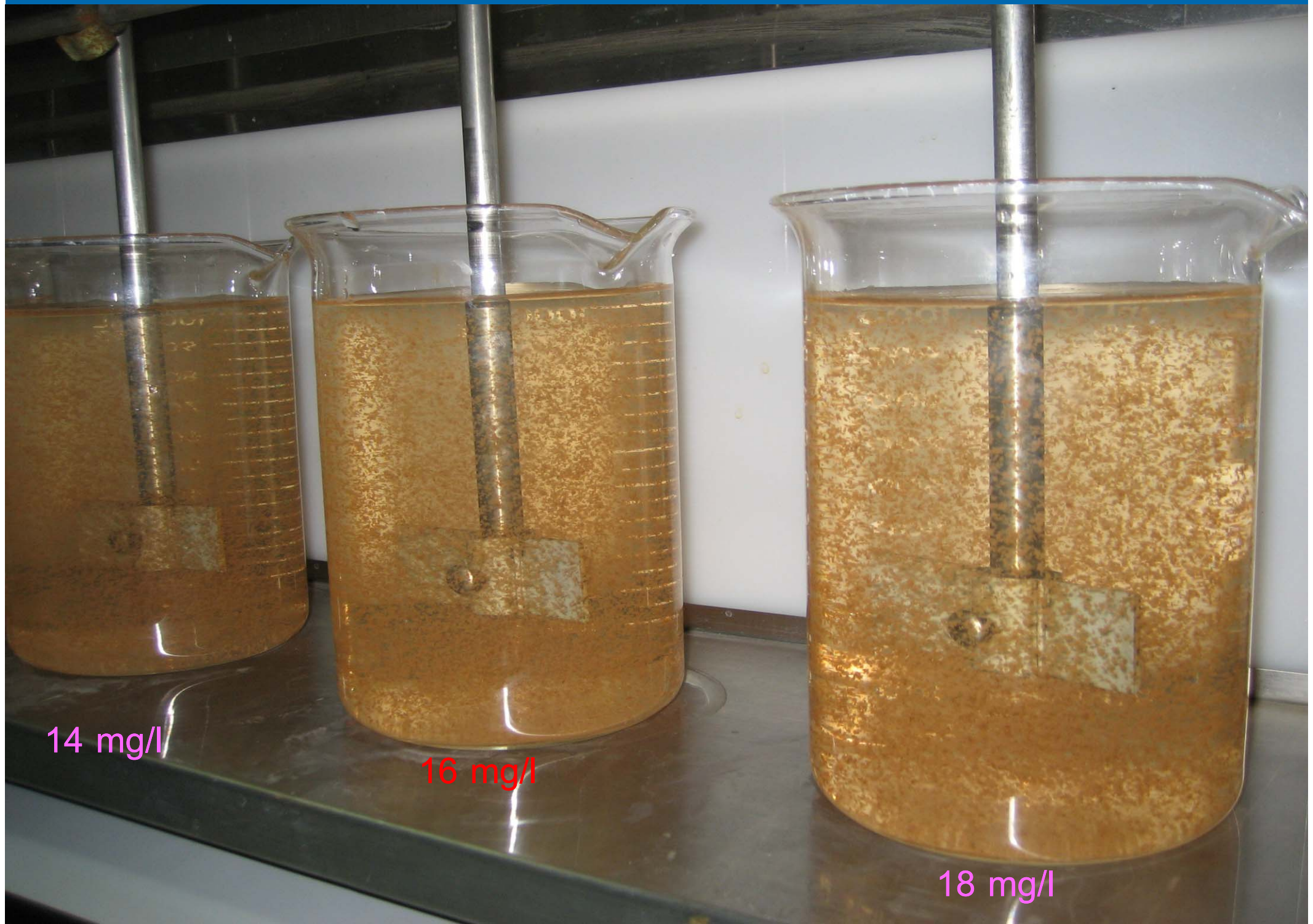
ผลการทดลอง ที่ 1 (ต่อ)

1. สารเคมีชนิดโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ครั้งที่ 2

	1	2	3	4	5	6
Dosage PACl ppm	14	16	18	-	-	-
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	7.63	4.84	4.30			
pH	7.07	7.04	6.98			
Alkalinity mg/l as CaCO_3	28	28	28			



Slow Mix = 40 rpm



14 mg/l

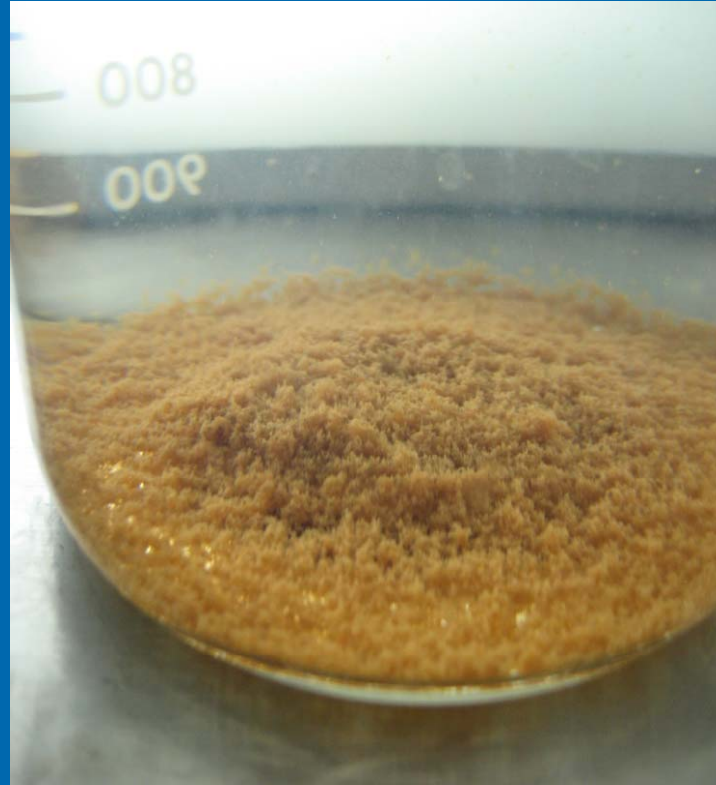
16 mg/l

18 mg/l

Settling = 0 rpm



14 mg/l



16 mg/l



18 mg/l

ผลการทดลอง ที่ 2

2. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ ครั้งที่ 1

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	20	25	30	35	40	45
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	10.2	7.98	6.92	2.75	2.43	2.55
pH	6.91	6.86	6.28	6.62	6.58	6.50
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	38	16	14	20	18	18



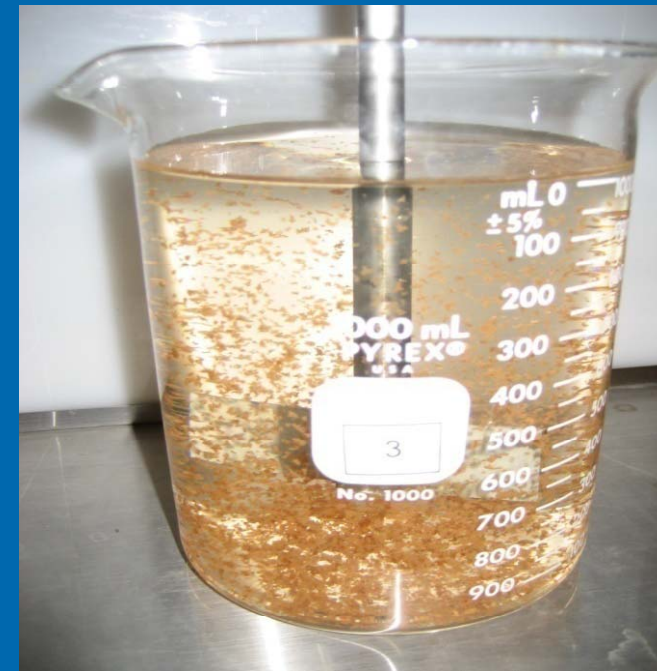
Slow Mix = 40 rpm



20 mg/l



25 mg/l



30 mg/l



35 mg/l



40 mg/l



45 mg/l

53

Settling = 0 rpm



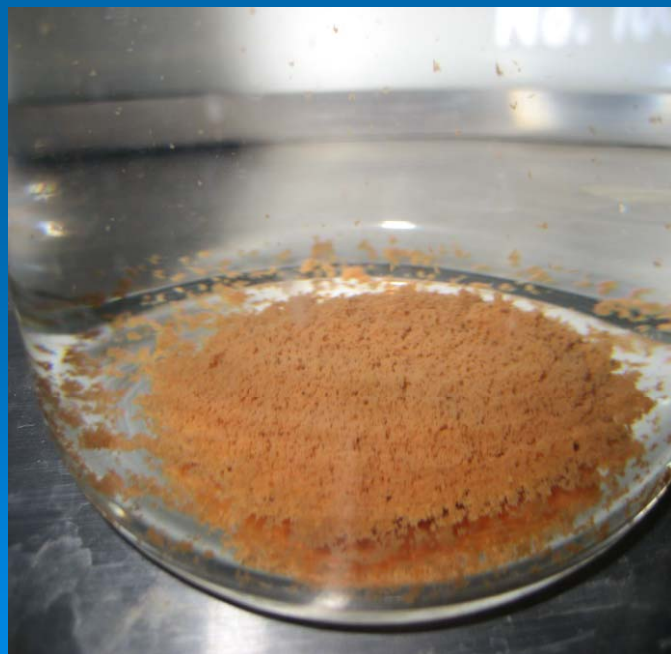
20 mg/l



25 mg/l



30 mg/l



35 mg/l



40 mg/l



45 mg/l

ผลการทดลอง ที่ 2 (ต่อ)

2. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ ครั้งที่ 2

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	28	30	32	34	36	38
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	5.92	6.16	3.15	3.61	2.93	3.00
pH	6.52	6.58	6.55	6.50	6.46	6.47
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	24	24	30	22	20	22



Slow Mix = 40 rpm



Settling = 0 rpm



28 mg/l



30 mg/l



32 mg/l



34 mg/l



36 mg/l



38 mg/l

ผลการทดลอง ที่ 3

2. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ + โพลีเมอร์ประจุลบ ครั้งที่ 1

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	32	32	32	32	32	32
Dosage Polymer ppm	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Turbidity NTU	7.52	6.41	4.80	3.56	3.00	3.87
pH	6.38	6.52	6.55	6.57	6.56	6.59
Alkalinity mg/l as CaCO_3	20	24	22	22	24	22



ผลการทดลอง ที่ 3

2. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ + โพลีเมอร์ประจุลบ ครั้งที่ 2

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	28	30	32	34	36	38
Dosage Polymer ppm	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Turbidity NTU	6.70	8.10	4.38	6.33	3.75	3.29
pH	6.56	6.58	6.58	6.71	6.67	6.63
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	24	24	22	24	20	20



Slow Mix = 40 rpm

เครื่อง Jar Test

ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม
ความขุ่นออกจากน้ำดิบ

Polymer

0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l

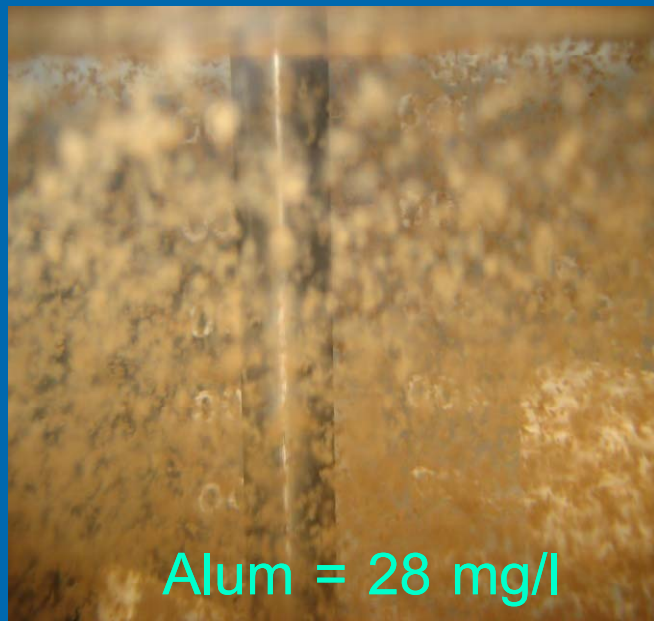
Alum

28 mg/l 30 mg/l 32 mg/l 34 mg/l 36 mg/l 38 mg/l

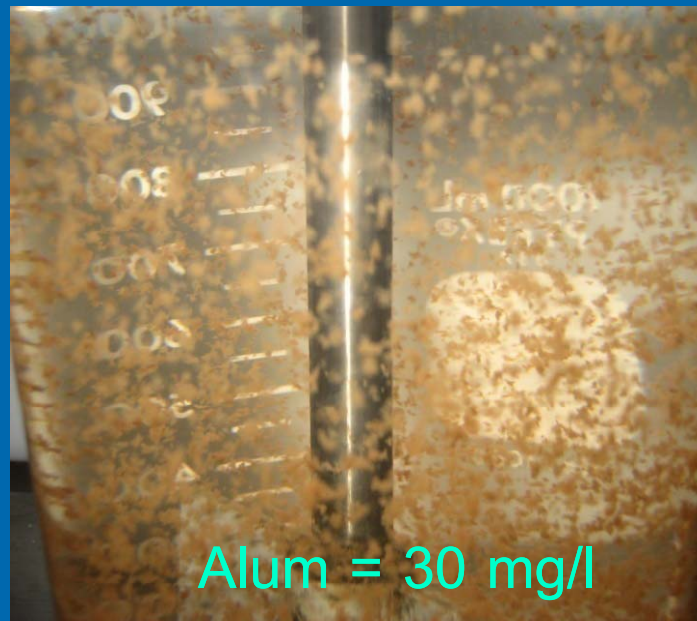
C-11a

C-10a

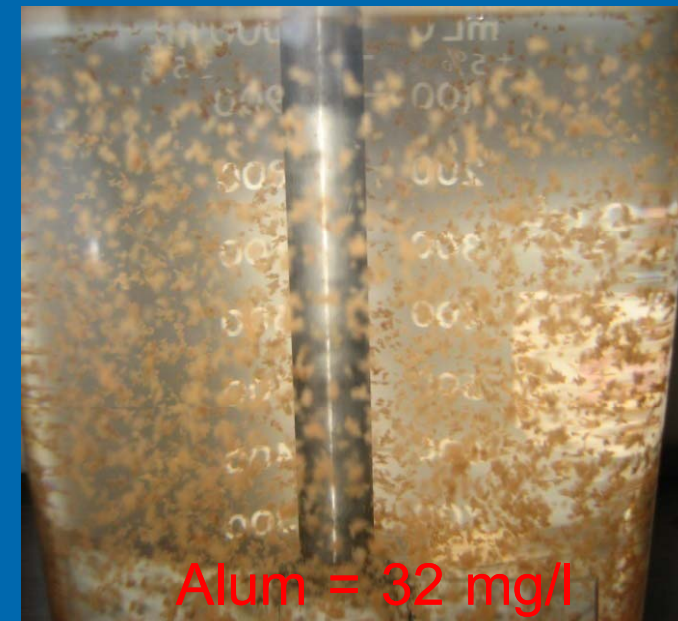
Slow Mix = 40 rpm



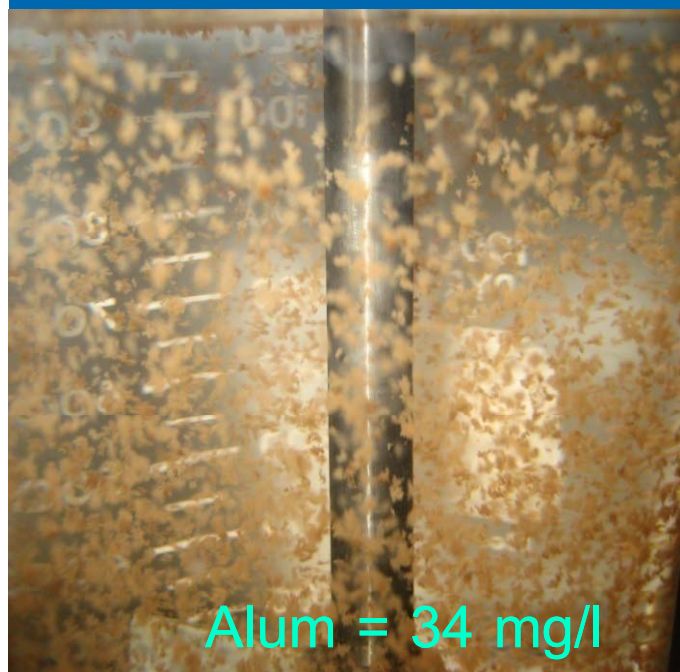
Alum = 28 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l



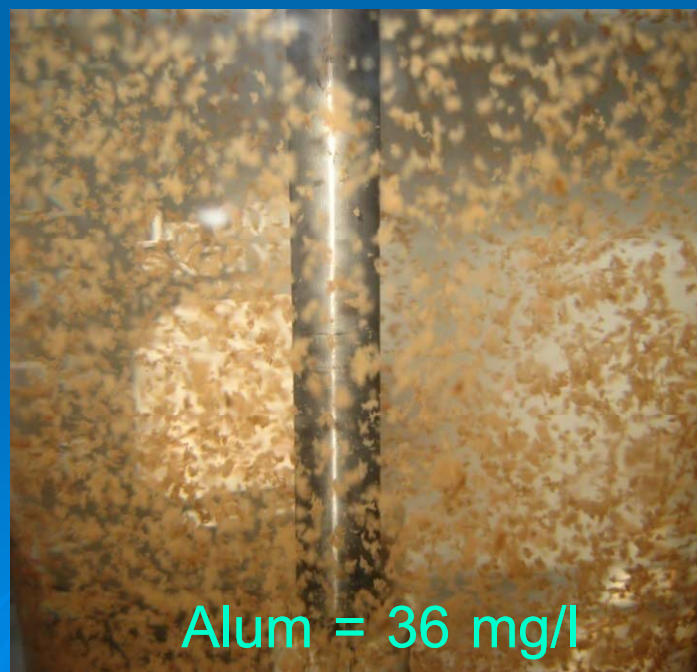
Alum = 30 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l



Alum = 32 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l



Alum = 34 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l

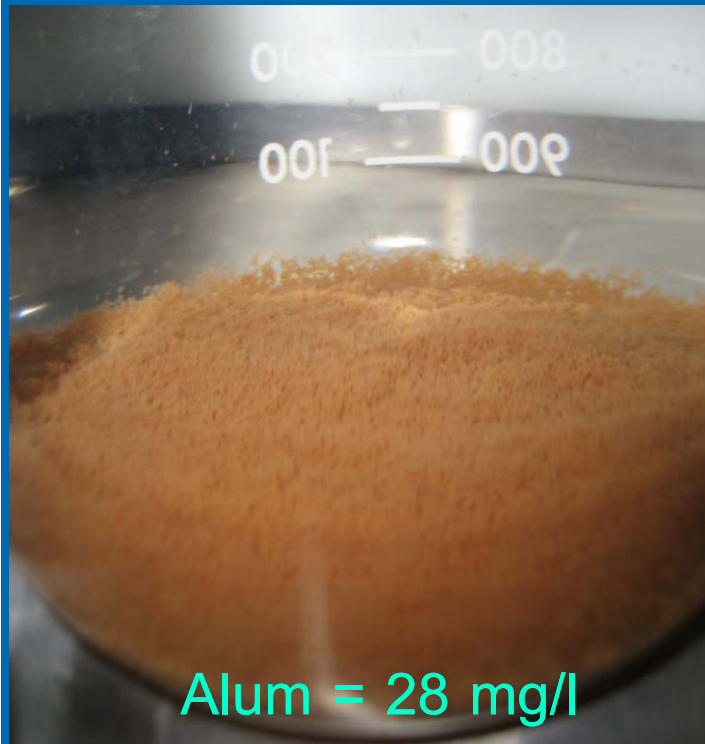


Alum = 36 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l



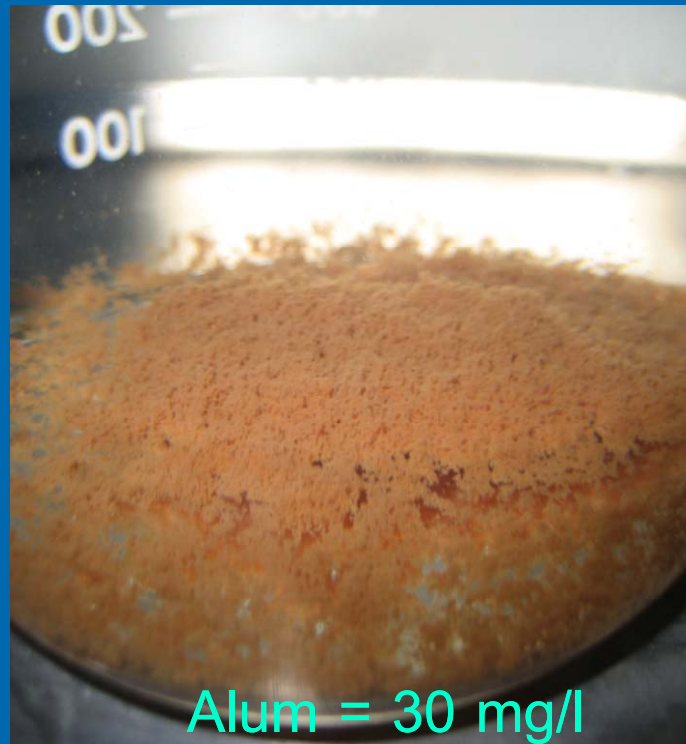
Alum = 38 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l

Settling = 0 rpm



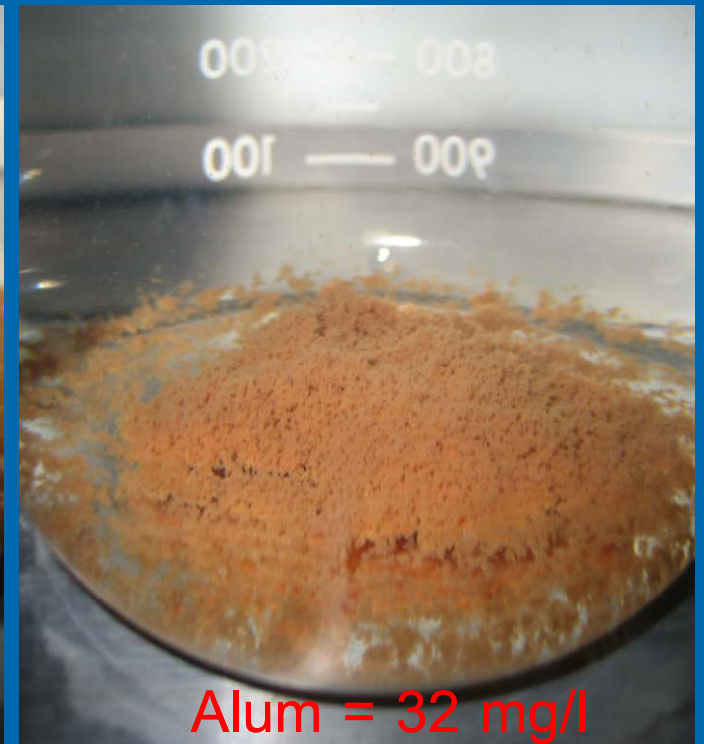
Alum = 28 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l



Alum = 30 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l



Alum = 32 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l



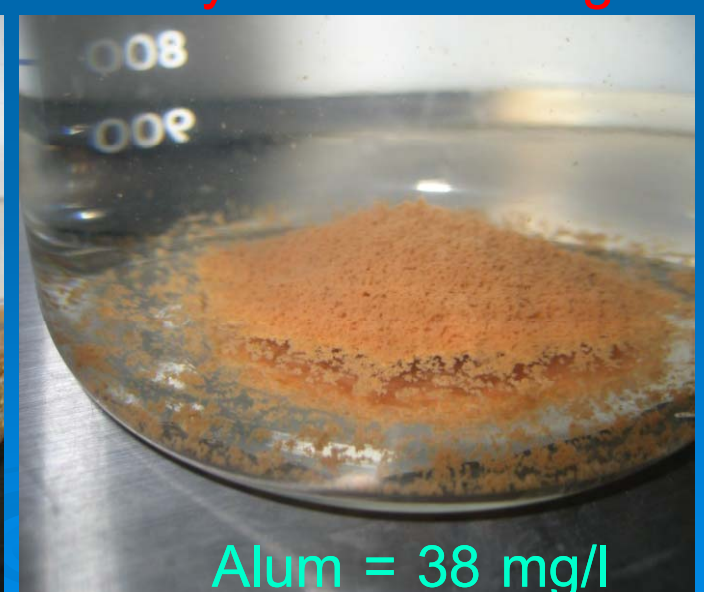
Alum = 34 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l



Alum = 36 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l



Alum = 38 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

ผลการทดลอง ที่ 3

2. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ + โพลีเมอร์ประจุลบ ครั้งที่ 3

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	22	24	26	28	30	32
Dosage Polymer ppm	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Turbidity NTU	22.70	22.60	12.80	11.30	9.88	6.38
pH	6.89	6.86	6.82	6.78	6.75	6.71
Alkalinity mg/l as CaCO_3	28	18	34	24	24	24



R TEST

เป็นการทดลองหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม

เพื่อตกตะกอนความขุ่นออกจากน้ำดิบ

เครื่อง Jar Test

86811-35-002

5000009217

6



C-11a

C-10a

สรุปผลการทดลอง

1. สารเคมีชนิดโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์

Optimum Dose = 16 mg/l as PACl

2. สารเคมีชนิดสารเคมีชนิดสารส้ม

Optimum Dose = 32 mg/l as $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

3. สารเคมีชนิดสารส้ม + โพลีเมอร์ประจุลบ

- Optimum Dose สารส้ม = 32 mg/l as $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

- Optimum Dose Polymer ประจุลบ = 0.03 mg/l as Polymer

คิดค่าใช้จ่ายสารเคมี

1. สารเคมีชนิดโพลียอะลูมิเนียมคลอไรด์ 35 %(W/W)(PACl น้ำ)

ราคา = 4,480 บาท/ตัน(ขายทั้งเนื้อและน้ำ)

PACl 35 % หมายถึง PACl น้ำ 1 ตันมีเนื้อ PACl = 350 กิโลกรัม

PACl น้ำ 1,000 กิโลกรัมมีเนื้อ PACl = 350 กิโลกรัม

∴ เนื้อ PACl 350 กิโลกรัม ราคา = 4,480 บาท

ถ้าเนื้อ PACl 1 กิโลกรัม ราคา = $\frac{4,480}{350}$ บาท

ถ้าเนื้อ PACl 1,000 กรัม ราคา = $\frac{4,480}{350}$ บาท

ถ้าเนื้อ PACl 1,000,000 มิลลิกรัม ราคา = $\frac{4,480}{350}$ บาท



Optimum Dose PACl 16 mg/l

$$\text{จากเนื้อ PACl } 1,000,000 \text{ มิลลิกรัม ราคา} = \frac{4,480}{350} \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าเนื้อ PACl } 16 \text{ มิลลิกรัม ราคา} &= \frac{4,480}{350} \times \frac{16}{1,000,000} \text{ บาท} \\ &= 0.0002048 \text{ บาท/ลิตรน้ำดิบ} \\ &= 0.2048 \text{ บาท/ลบ.เมตรน้ำดิบ} \end{aligned}$$



2. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ 50 %(W/W)

ราคา = 3,860 บาท/ตัน (ขายทั้งเนื้อและน้ำ)

สารส้มน้ำ 1 ตันมีเนื้อสารส้ม = 500 กิโลกรัม

เนื้อสารส้ม 500 กิโลกรัมราคา = 3,860 บาท

เนื้อสารส้ม 1,000 กิโลกรัมราคา = $3,860 \times 2$ บาท

เนื้อสารส้ม 1,000,000 กรัมราคา = $3,860 \times 2$ บาท

$\therefore$ เนื้อสารส้ม 1,000,000,000 มิลลิกรัมราคา = $3,860 \times 2$ บาท

Optimum Dose สารส้มน้ำ 32 mg/l

จากเนื้อสารส้ม 1,000,000,000 มิลลิกรัมราคา = $3,860 \times 2$ บาท

ถ้าสารส้มน้ำ 32 มิลลิกรัมราคา = $\frac{3,860}{1,000,000,000} \times 32 \times 2$ บาท

= 0.247 บาท/ลบ.เมตรน้ำดิบ



3. สารเคมีชนิดสารส้มน้ำ 50 % และโพลีเมอร์ชนิดประจุลบ

3.1 สารส้มน้ำ 50 % ราคา = 3,860 บาท/ตัน

เนื้อสารส้ม 500 กิโลกรัม ราคา = 3,860 บาท

เนื้อสารส้ม 1,000 กิโลกรัม ราคา = 3,860x2 บาท

เนื้อสารส้ม 1,000,000 กรัม ราคา = 3,860x2 บาท

∴ เนื้อสารส้ม 1,000,000,000 มิลลิกรัม ราคา = 3,860x2 บาท

Optimum Dose สารส้มน้ำ 32 mg/l

จากเนื้อสารส้ม 1,000,000,000 มิลลิกรัม ราคา = 3,860x2 บาท

ถ้าเนื้อสารส้ม 32 มิลลิกรัม ราคา = $\frac{3,860}{1,000,000,000} \times \frac{32}{1} \times 2$ บาท

= 0.000247 บาท/ลิตรน้ำดิบ

= 0.247 บาท/ลบ.เมตรน้ำดิบ

3.2 สารโพสดีเมอร์ประจุลบ 100% ราคา = 108,000 บาท/ตัน

สารโพสดีเมอร์ประจุลบ 100% 1,000 กิโลกรัมราคา = 108,000 บาท

สารโพสดีเมอร์ประจุลบ 100% 1,000,000 กรัมราคา = 108,000 บาท

∴ สารโพสดีเมอร์ประจุลบ 100% 1,000,000,000 มิลลิกรัมราคา = 108,000 บาท

Optimum Dose สารโพสดีเมอร์ประจุลบ 0.03 mg/l

สารโพสดีเมอร์ประจุลบ 100% 1,000,000,000 มิลลิกรัมราคา = 108,000 บาท

ถ้าสารโพสดีเมอร์ประจุลบ 0.03 มิลลิกรัมราคา = $\frac{108,000 \times 0.03}{1,000,000,000}$ บาท

= 0.00000324 บาท/ลิตรน้ำดิบ

= 0.00324 บาท/ลบ.เมตรน้ำดิบ

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีแต่ละชนิดได้ดังนี้

ชนิดสารเคมี	ราคา (บาท/ตัน)	Optimum Dose (mg/l)	ค่าใช้จ่ายต่อการ ผลิตน้ำ 1 ลบ.ม (บาท)
1. สารเคมีชนิดฟอสฟอรัส	4,480	16	0.205
2. สารเคมีชนิดสารเคมีชนิดสารส้ม	3,860	32	0.247
3. สารเคมีชนิดสารส้ม + ฟอสเฟต	3,860 108,000	32 0.03	0.247 0.003 } 0.25

3. เพื่อการตกตะกอนผลึก (Precipitation)

การตกผลึกจะเป็นการกำจัดไอออน(ละลายน้ำ)ที่ไม่ต้องการในน้ำให้เปลี่ยนรูปเป็นผลึก(ไม่ละลายน้ำ)โดยการเติมสารเคมี เช่น การกำจัดความกระด้าง การกำจัดเหล็กและแมงกานีส เป็นต้น

3.1 การกำจัดความกระด้าง(Hardness Removal)

เป็นการกำจัดแคลเซียมและแมกนีเซียมออกจากน้ำ โดยการเติมปูนขาว (CaO) และโซดาแอช (Na_2CO_3) หรือโซดาไฟ (NaOH) ให้ทำปฏิกิริยากัน กลายเป็นผลึก CaCO_3 และ $\text{Mg}(\text{OH})_2$



3.2 การกำจัดเหล็กและแมงกานีส(Iron and Manganese Removal)

เป็นการเปลี่ยนแปลงของเหล็กและแมงกานีสที่สามารถละลายน้ำ

ได้ง่าย (Fe^{2+} , Mn^{2+}) เป็นรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำ (Fe^{3+} , Mn^{4+})

ที่มีลักษณะเป็นผลึก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการเติมออกซิเจน, คลอรีน, โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและโอโซน เป็นต้น

4. เพื่อการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคเป็นกระบวนการสุดท้ายของระบบผลิตน้ำประปา โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้การเติมสารเคมี เช่น คลอรีน สารประกอบคลอรีน (โซเดียมไฮโปคลอไรต์ แคลเซียมไฮโปคลอไรต์) คลอรีนไดออกไซด์ โอโซน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและ UV



เชื้อโรคที่มากับน้ำ

ชนิด	ขนาด (μm)	ความทนทาน ต่อสารเคมี	% * การกำจัด
แบคทีเรีย	0.1-10	เซลล์ปกติ - น้อย สปอร์ - มาก	99.99
ไวรัส	0.01-0.1	มากกว่าเซลล์ปกติของ แบคทีเรีย	99.99
โปรโตซัว	4-20	มากกว่าไวรัส	99.9

* Surface Water Treatment Rule USEPA

มาตรฐานน้ำดื่มทางด้านแบคทีเรีย

Items	Unit	Max. Allowable	
		TIS. 257-2549	WHO 2006
Coliform Bacteria	MPN / 100mL.	< 1.1	-
E. coli	MPN / 100mL.	ไม่พบ	ไม่พบ

กลไกการฆ่าเชื้อโรค

1. ทำลาย membrane' s lipoprotein

Detergent

Lipid Solvents

Disinfectant

2. ทำให้ enzyme ในเซลล์เสียสภาพ

Disinfectant

3. ทำลาย DNA

UV

Type of Disinfectants



Chlorine(Cl_2) and Chlorine compounds



$\text{Ca}(\text{OCl})_2$: Calcium Hypochlorite (white granule)



NaOCl : Sodium Hypochlorite (yellowish-green liquid)



Chlorine Dioxide (ClO_2)



Ozone (O_3)



Hydrogen peroxide (H_2O_2)



Chloramines



UV



1. Performances

pH affecting

Selectivity

Biofilm Removal

Kinetics

Bacterial Recovery

2. Environmentally Friendly

THMs (Trihalomethane)

TOX (Total organic halides)

HAA5 (Five Haloacetic acid)

3. Safety

Easy to Handle

Easy to Use

4. Economics

Clean System

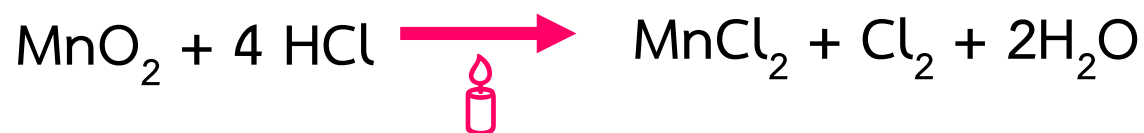
Contaminated System

คลอรีน (Cl₂)

ประวัติ

ค.ศ. 720 – 810 Geber นักเคมีชาวอาหรับผู้ค้นพบ aqua regia
(3 part HCl + 1 part HNO₃) พบว่าเมื่อให้ความ
ร้อนกับส่วนผสมนี้จะทำให้เกิดก๊าซชนิดหนึ่งที่มีกลิ่นฉุน

ค.ศ. 1774 Karl W. Scheele Swedish นักเคมีชาวสวีเดน
พบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่แมงกานีสออกไซด์และกรด
เกลือจะได้ก๊าซชนิดหนึ่งที่มีกลิ่นฉุนแสบจมูก



ค.ศ. 1814 Sir Humphry Davy ประกาศว่าก๊าซของ Scheele
เป็นธาตุชนิดหนึ่งและตั้งชื่อว่า “Chlorine” มาจาก
ภาษากรีก “Chloros” ซึ่งแปลว่าเขียว

81



ค.ศ. 1883 Michael Faraday ผลิตและแยกคลอรีนได้จาก
กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี(Electrolytic Cell)

ค.ศ. 1900 กระบวนการผลิตก๊าซคลอรีนในช่วงนี้ใช้เซลล์ไฟฟ้าระบบ
ปรอท(Mercury Electrolytic Cell)และระบบ
ไดอะแฟรม (Diaphragm Electrolytic Cell)

ค.ศ. 1990 กระบวนการผลิตก๊าซคลอรีนในช่วงนี้ใช้เซลล์ไฟฟ้าระบบ
ปรอท(Mercury Electrolytic Cell) ระบบไดอะแฟรม
(Diaphragm Electrolytic Cell) และระบบเมมเบรน
(Membrane Electrolytic Cell)



กระบวนการผลิตคลอรีน

1. Mercury Electrolytic Cell

Caustic (NaOH) 50 %

2. Diaphragm Electrolytic Cell

Caustic (NaOH) 10-12 %

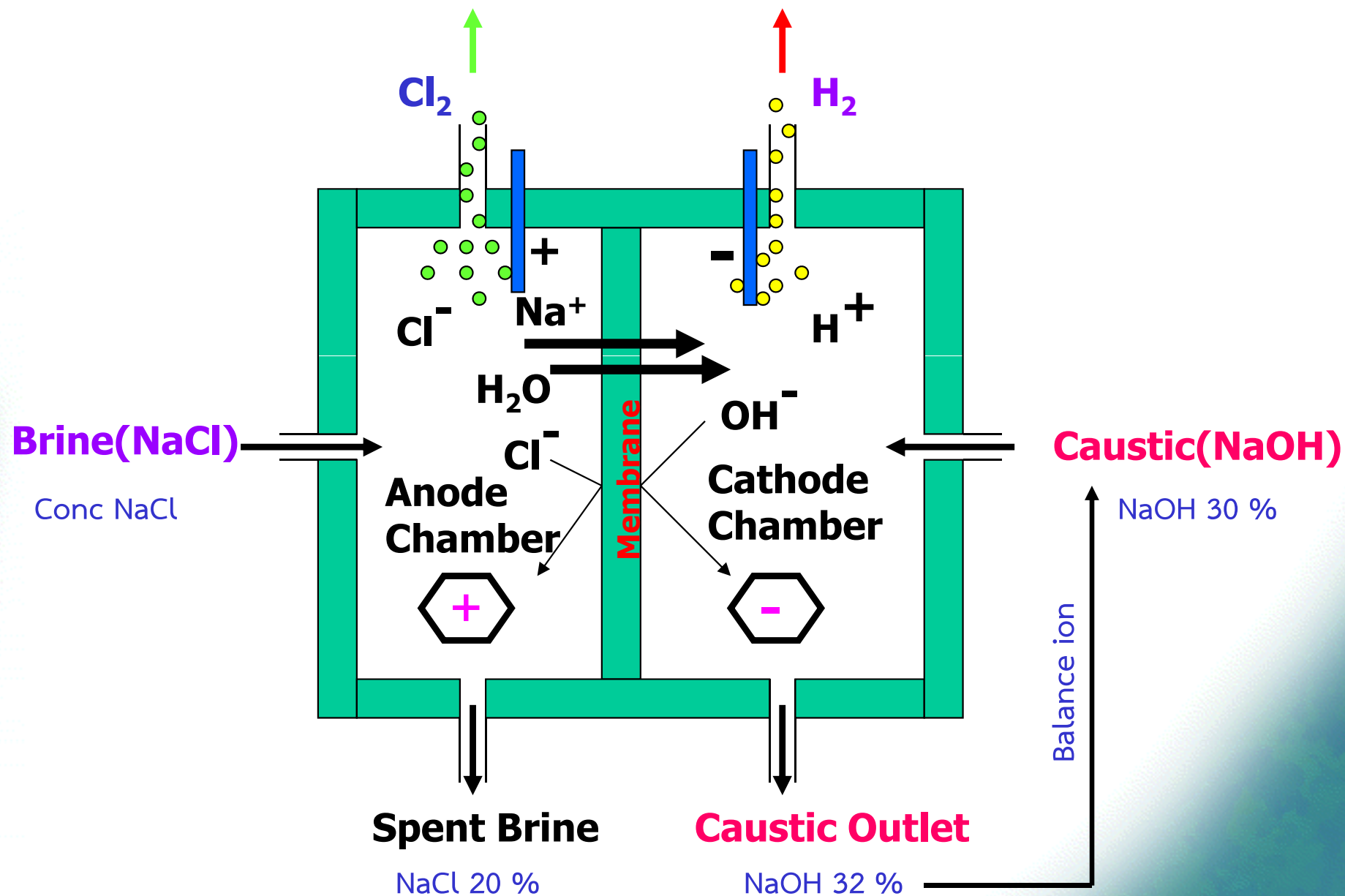
3. Membrane Electrolytic Cell

ปัจจุบันนิยมใช้วิธีนี้มากเนื่องจากไม่มีการ
ใช้สารปรอทซึ่งไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม

Caustic (NaOH) 30-40 %



Membrane Electrolytic Cell



The ideal membrane Cell

Chlorine Manufacturer in Thailand

1. Thai Asahi

Process Membrane Cell , Mercury Cell

Asahi Glass Technology

2. Siam PVS

Process Membrane Cell

Oxy Tech Technology

3. Thai Organic

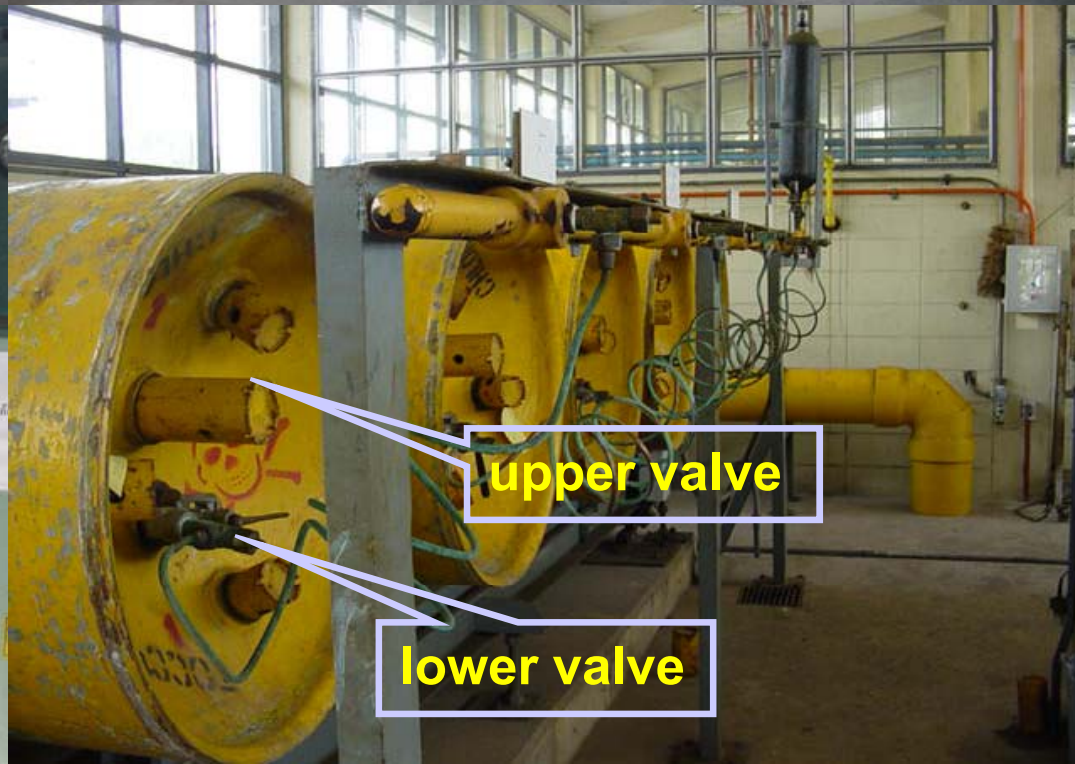
Process Membrane Cell

ขนาดบรรจุ

- **1 Ton Container**
- **100 kg. Cylinder**

การจ่ายคลอรีนก๊าซ

- **Gas phase**
- **Liquid Chlorine (Evaporator employed)**





คุณสมบัติของคลอรีน

- **Gas phase yellowish green , Liquid Opal**
สีเขียวตองอ่อน สีเหลืองอำพัน
- **boiling point - 34.6 ° C**
- **melting point - 100.98 ° C**
- **Liquid to Gas Volume increase 460 Times**
- **2.5 times to air in weight**
- **dry chlorine not corrosive**
- **slightly dissolves in water**

ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ



คลอรีนในรูป Cl_2 HOCl OCl^- เรียกว่า **Free Residual Chlorine**

ปฏิกิริยากับแอมโมเนีย

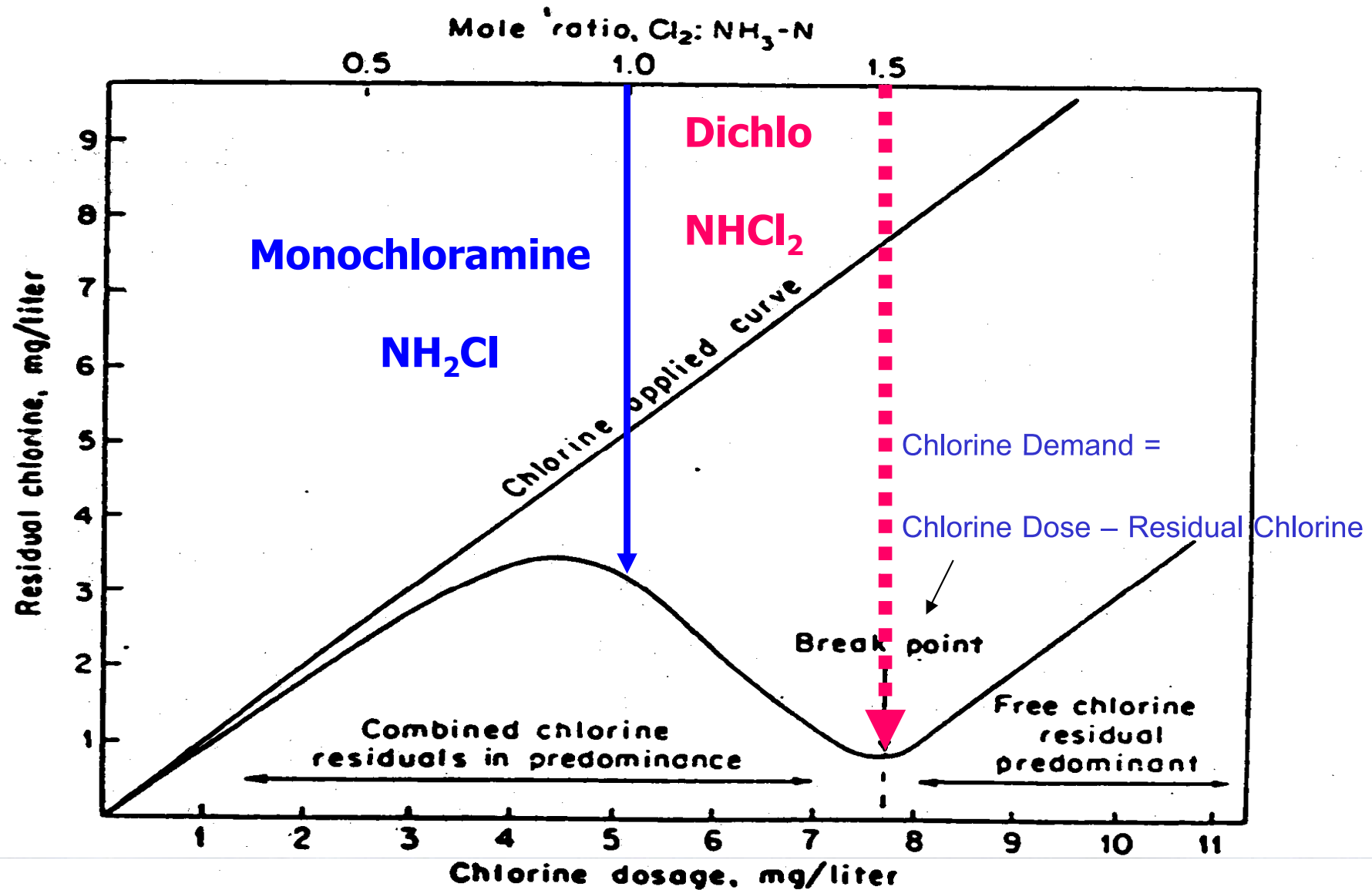


Mono Di Tri Chloramine เรียกว่า **Combined Res Chlorine**

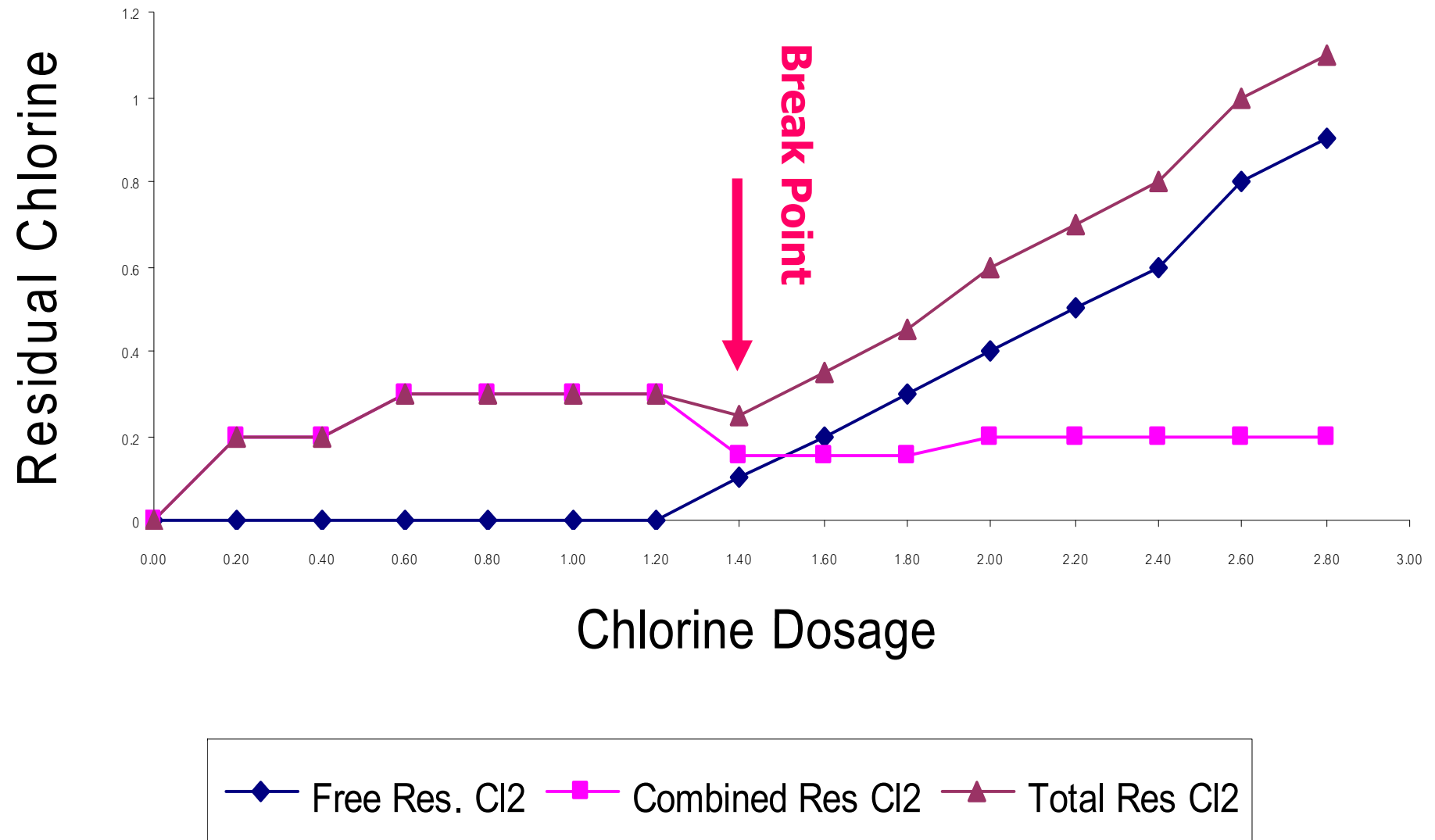
การสลายตัวของ Dichloramine



Effect of $\text{NH}_3\text{-N}$ on Cl_2 effectiveness ($\text{NH}_3\text{-N}$ content of water 1 mg/L)



Chlorine Demand of water at Bangkhen water treatment plant



ประสิทธิภาพของคลอรีนในรูปแบบต่างๆ

Type	Chemical formula	Estimated Effectiveness Compared to HOCl
Hypochlorous acid	HOCl	1
Hypochlorite ion	OCI ⁻	1/100
Trichloramine	NCl ₃	No estimate
Dichloramine	NHCl ₂	1/80
Monochloramine	NHCl ₃	1/150

คลอรีนในรูปแบบอื่นๆ

Sodium Hypochlorite (NaOCl)

Product Identification

Product Name : Liquichlor / Sodium Hypochlorite **7-15 %**

Synonyms : Liquid Chlorine , Liquid Bleach , Pure Chlor , Top chlor

Formula : NaOCl

Family : Hypochlorite

Physical Data

Appearance : Greenish-yellow Liquid (สารละลายสีเขียวอมเหลือง)

M.W. 74.5

pH : >11

S.G. 1.08 - 1.26

Calcium Hypochlorite [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$]

Product Identification

Product Name : Calcium Hypochlorite 65 – 71 %

Synonyms : Cal Hypo Granules , Calcium Hypochlorite Granular

Formula : $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

Family : Hypochlorite

Physical Data

Appearance : White(สีขาว)

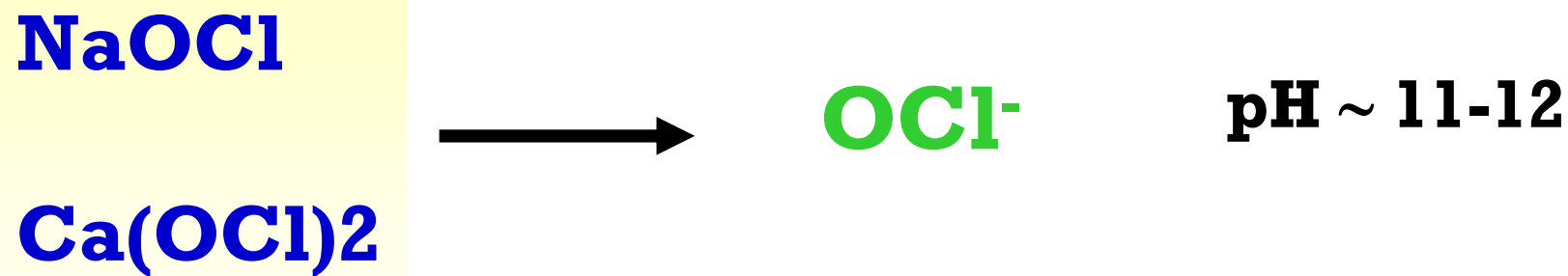
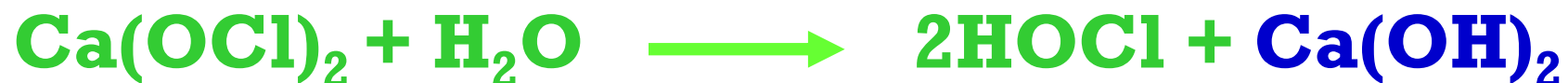
M.W. : 143

pH : Alkaline

Solubility : 217gm / L 27°C

Bulk Density : 65-67 lbs/cu.ft

Chemical Rx. of Hypochlorite in water



ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี



Net Equation



Available Chlorine of various Chlorine Compounds

Compound	Mol wt.	Mol of eq. Cl ₂	Percent Actual	Percent Available
Cl ₂	71	1	100	100
HOCl	52.5	1	67.6	135.2
NaOCl	74.5	1	47.65	95.3
Ca(OCl) ₂	143	2	49.65	99.3



Available Chlorine of various Chlorine Compounds

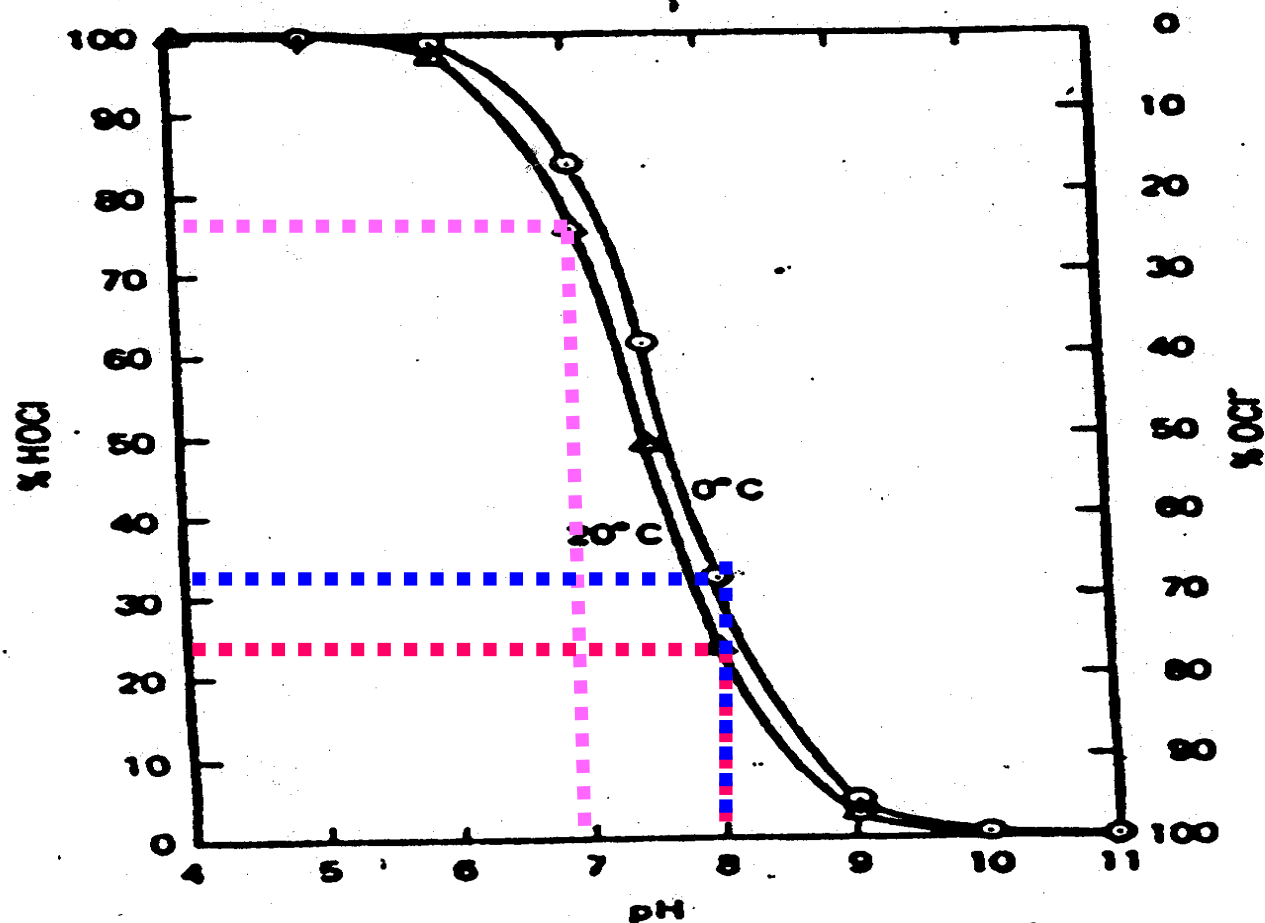
Compound	Mol wt.	Mol of eq. Cl ₂	Percent Available	
Cl ₂	71	1	$100 \times 71 / 71$	100
HOCl	52.5	1	$100 \times 1 \times 71 / 52.5$	135.2
NaOCl	74.5	1	$100 \times 1 \times 71 / 74.5$	95.3
Ca(OCl) ₂	143	2	$100 \times 2 \times 71 / 143$	99.3

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติมคลอรีน

1. pH
2. Temperature
3. NH_3 and Organics substances



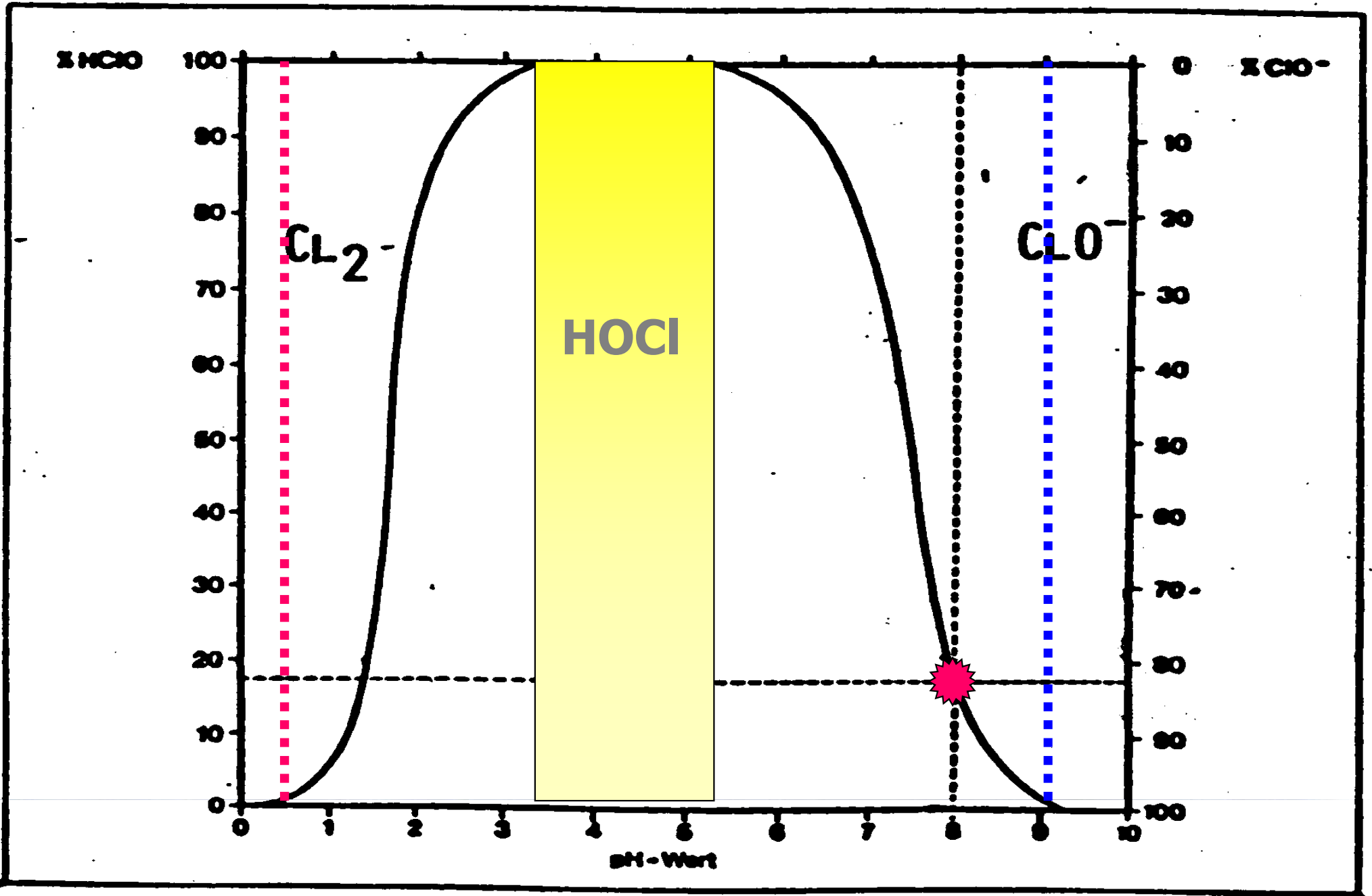
Effect of pH & Temp on Cl_2 effectiveness



The following is a tabulation from the above graph at 20 degrees C.

TABLE 1	pH	%HOCl	%OCl ⁻	TOTAL %
	4	100	0	100
	6	96.8	3.2	100
→	7	75.2	24.8	100
	7.5	49.1	50.9	100
→	8	23.2	76.8	100
	9	2.9	97.1	100
	11	0	100	100

Effect of pH on Cl_2 effectiveness (Cl_2 species)



ค่า pH ในน้ำกับค่า Residual Chlorine

1. ค่า pH ในน้ำน้อยกว่า 1 Residual Chlorine อยู่ในรูป Cl_2
2. ค่า pH ในน้ำระหว่าง 1 – 3.5 Residual Chlorine อยู่ในรูป Cl_2 และ HOCl
3. ค่า pH ในน้ำระหว่าง 3.5 – 5.5 Residual Chlorine อยู่ในรูป HOCl ทั้งหมด
4. ค่า pH ในน้ำระหว่าง 5.5 – 9.0 Residual Chlorine อยู่ในรูป HOCl และ OCl^-
5. ค่า pH ในน้ำมากกว่า 9.0 Residual Chlorine อยู่ในรูป OCl^- ทั้งหมด



ข้อดี - ข้อด้อยของคลอรีน

ข้อดี	ข้อด้อย
ราคาถูก	มีกลิ่นฉุน
หาซื้อได้ง่าย	ทำปฏิกิริยากับ phenol ให้สาร chloro-phenol
วิธีการใช้งานสะดวก	ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์จะทำให้ เกิดสาร THMs และ HAA5
มีให้เลือกหลายรูปแบบ	ในกรณีที่ใช้คลอรีนก๊าซต้องมี ระบบความปลอดภัยที่ดี

เงื่อนไขในการเติมคลอรีน (WHO)

- Free Residual Chlorine not less than 0.5 mg/L
- Contact time 30 min.
- pH must be lower than 8
- Water Turbidity must be less than 1 NTU

ข้อกำหนดคลอรีนคงเหลือในระบบจ่ายน้ำ

- Normal Circumstance : Free Residual Cl_2 0.2 - 0.5 mg/L
- Outbreak : Free Residual Cl_2 must be higher than 0.5 mg/L



Ct-Value of Chlorine for Various Organisms

Organisms	Ct-Value
E. coli	0.034
Polio 1	1.1 - 2.5
Rotavirus	0.01 - 0.05
Giardia lamblia	150 - 300
Cryptosporidium parvum	7,000

Ct-Values for achieving 2log (99%) inactivation

C = Residual Concentration mg/L

t = Contact Time in Minute

$$X = -\log (1-N)$$

$X = \log$ Reduction

N = fraction of pathogen removed / inactivate

Example 99.9 % removal

$$\begin{aligned} X &= -\log (1-0.999) \\ &= -\log 10^{-3} \\ &= 3 \end{aligned}$$



การถ่ายทอดอื่น

อุปกรณ์การจ่ายคลอรีนก๊าซจากคลอรีนเหลว
สำหรับระบบผลิตน้ำประปาขนาดใหญ่





1 TON Container



lower valve

upper valve

Manifold

Expansion Chamber





Liquid Chlorine







Chlorine Gas

Evaporator



Chlorinator

Scale kg / h





Chlorine solution

Chlorine gas

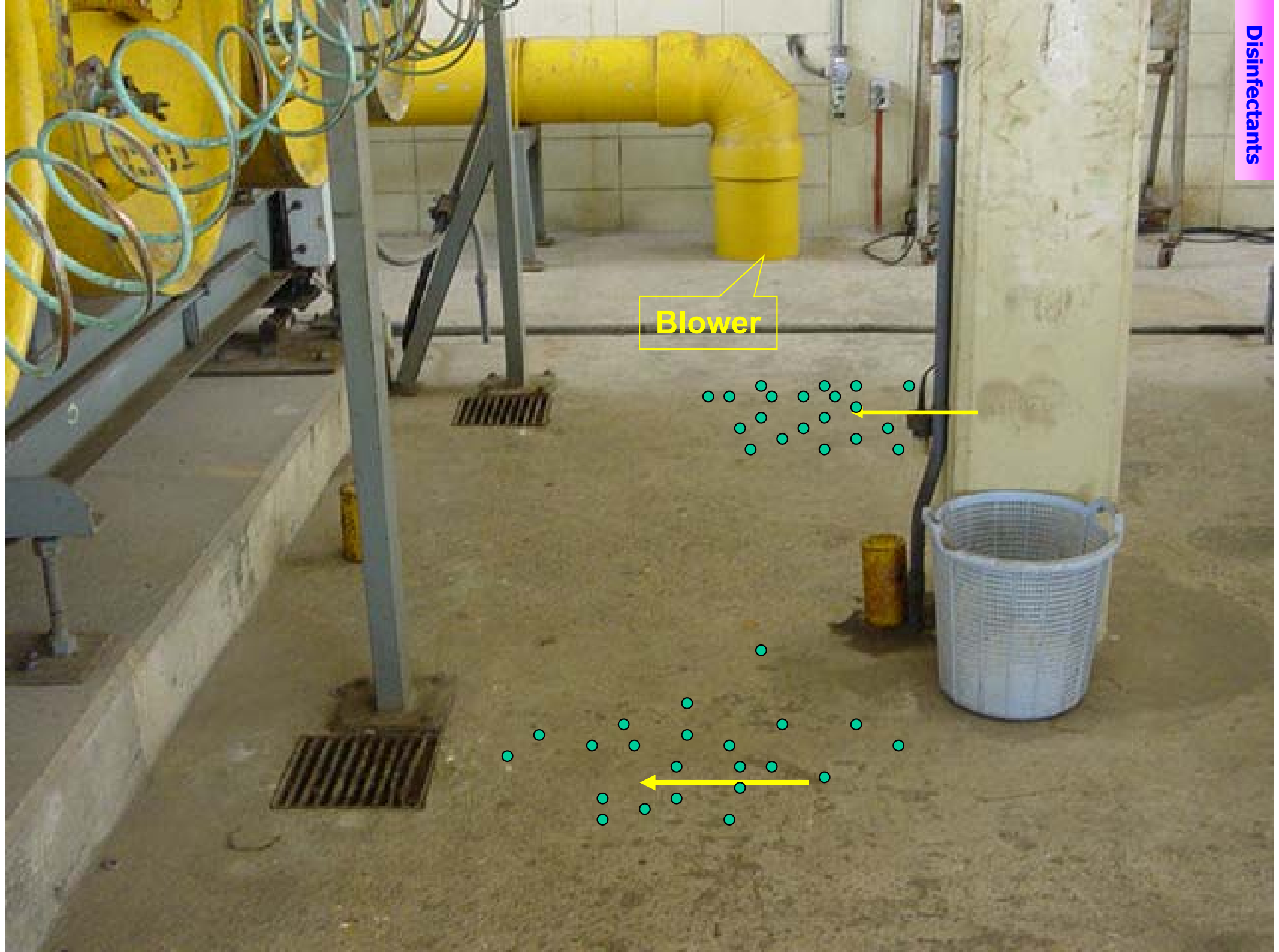
Water



Chlorine solution







Blower



อุปกรณ์การจ่ายคลอรีนก๊าซจากคลอรีนก๊าซ

สำหรับระบบผลิตน้ำประปาขนาดเล็ก



100 Kilogram
Cylinder



1. Vacuum Regulator

2. Flow meter

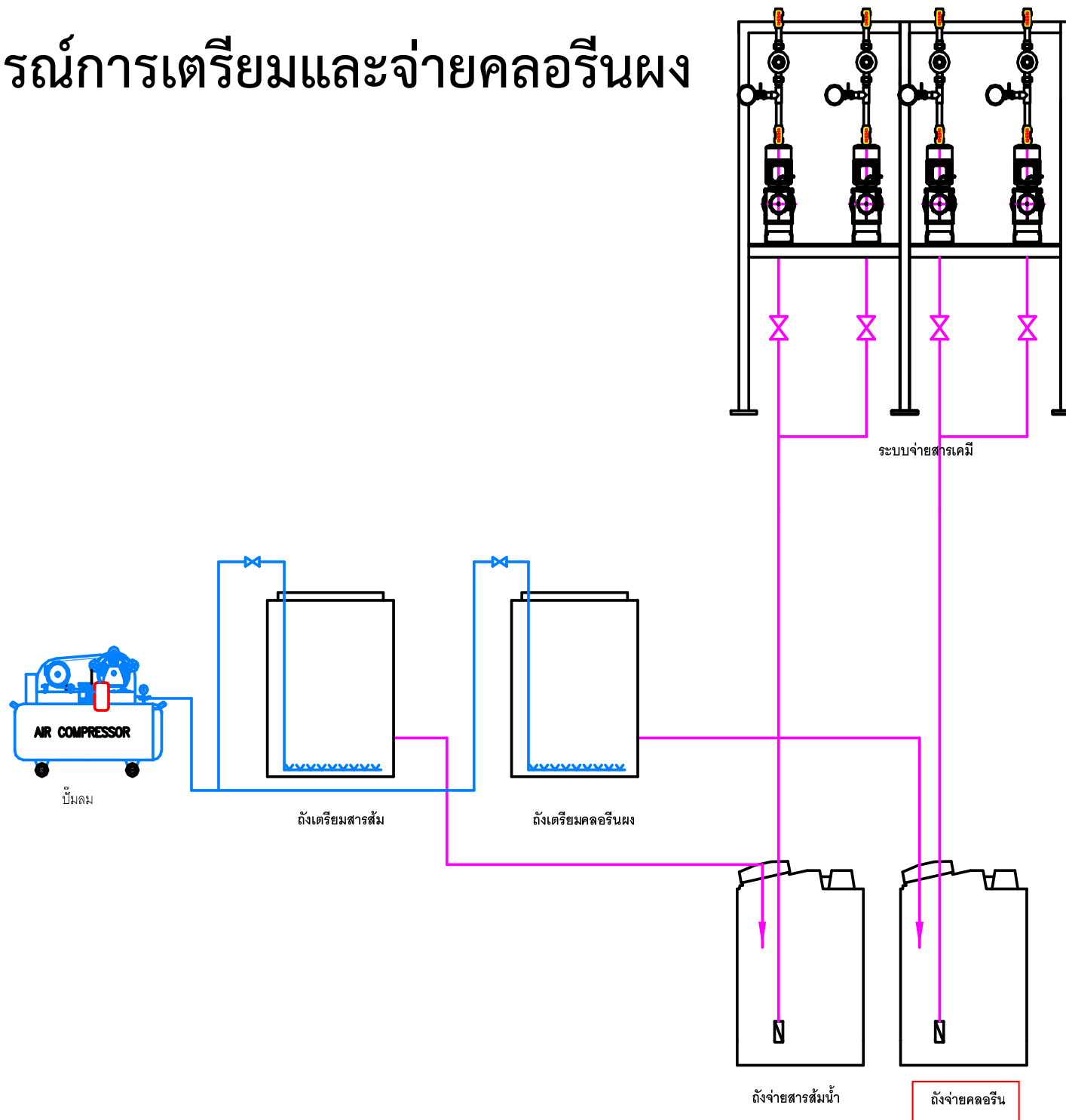
3. Ejector



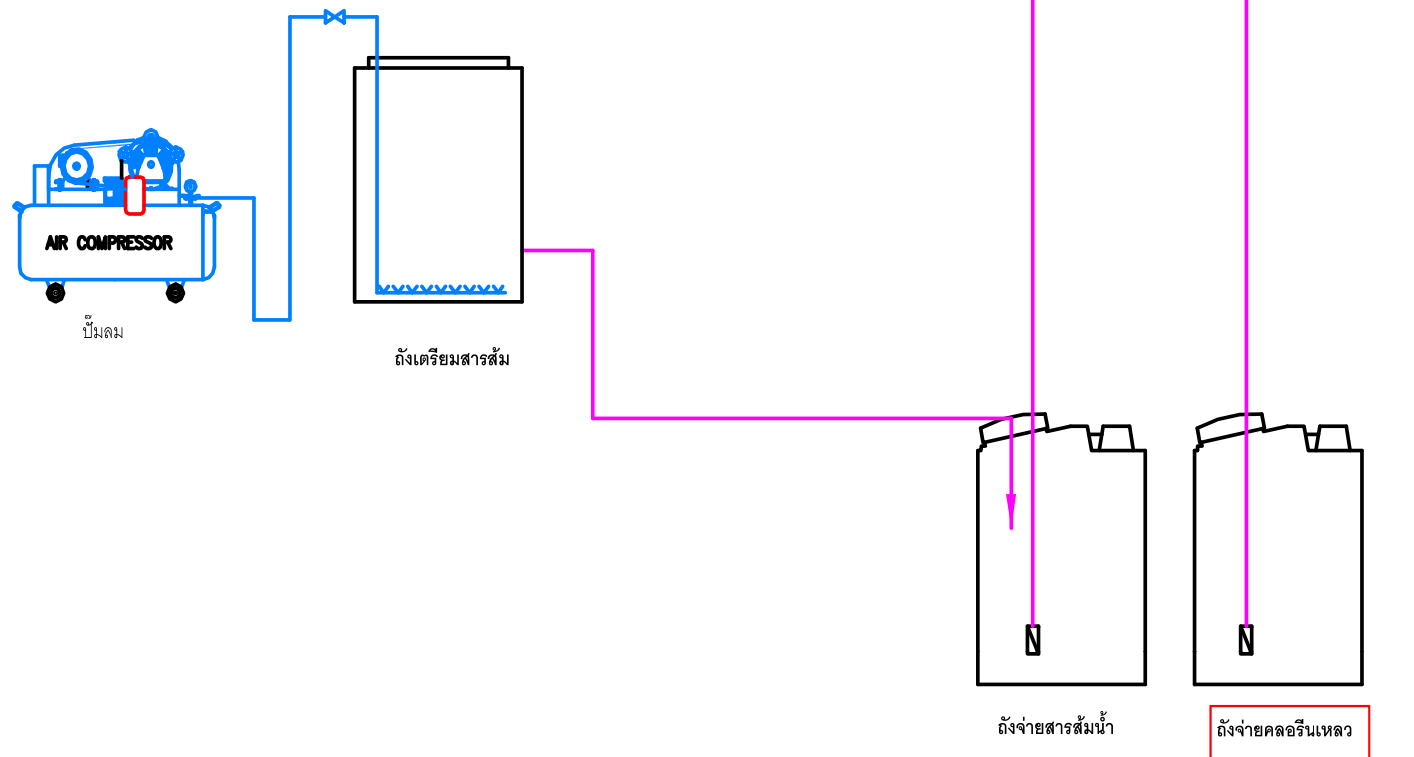




อุปกรณ์การเตรียมและจ่ายคลอรีนผง



อุปกรณ์การเตรียมและจ่ายคลอรีนเหลว



ที่เก็บเครื่อง ป้องกัน แก๊สคลอรีน



21927 A0076 /01

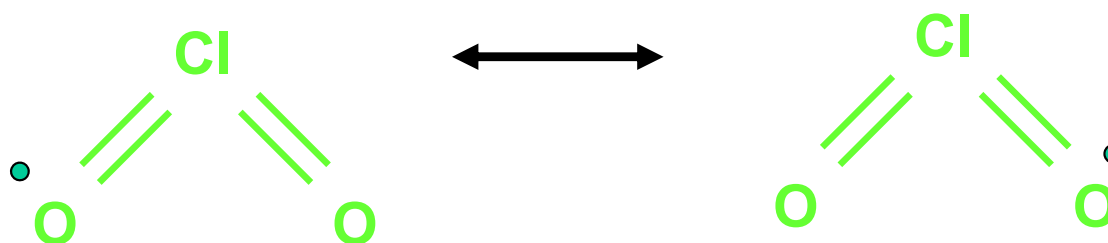


Chlorine Dioxide

ประวัติ

- ต้น ค.ศ. 1800 Sir Humphrey Davy เป็นผู้พบ จากปฏิกิริยาระหว่าง โปแตสเซียมคลอเรตกับกรดกำมะถัน

สูตรโครงสร้าง



Gas

เขียวเหลือง - แดงเหลือง

Liquid

เขียวเหลือง

Solid

แดงเหลือง

กลิ่น

ฉุนเหมือนคลอรีน

สามารถได้กลิ่นที่ความเข้มข้นในอากาศ 0.1 ppm

สมบัติทางฟิสิกส์

- น้ำหนักโมเลกุล 67.45
- จุดหลอมเหลว -59°C
- จุดเดือด $+11^{\circ}\text{C}$
- หนักกว่าอากาศ 2.4 เท่า
- ละลายน้ำได้ดีกว่าคลอรีน (1% solution)

- เป็นสารออกซิไดซ์
- ระเบิดเมื่อความเข้มข้นในอากาศเกิน 10 %
- ในสภาพเหลวระเบิดได้ถ้าอุณหภูมิสูง
- สลายตัวโดยแสง(photo-oxidation)ให้ Cl_2 and O_2

การใช้ ClO_2 ในอุตสาหกรรมต่างๆ

- **Water and Waste Water Treatment (Disinfection)**
- **Paper / Pulp Machines (Slimicide)**
- **Industrial Water Treatment : cooling water utilities (Slimicide)**
- **Food & Beverages (Disinfectant)**
- **Fruit & Vegetables (Disinfectant)**
- **Electronics (Circuit Board Cleansing)**
- **Oil Industry (Treatment of Sulfides)**
- **Textile (Bleaching)**
- **Industrial Air Cleaning (Biocide and Virucide)**

กระบวนการผลิตคลอรีนไดออกไซด์

I. Chlorite Based

- Sodium Chlorite (NaClO_2)

II. Chlorate Based

- Sodium Chlorate (NaClO_3)

III. Others

- Chlorine Gas (Cl_2)

1. Acid : Chlorite Solution*



Generator employing Acid :Chlorite solution process are available from **ProMinent Fluids Control Pittsburgh , Pennsylvania**

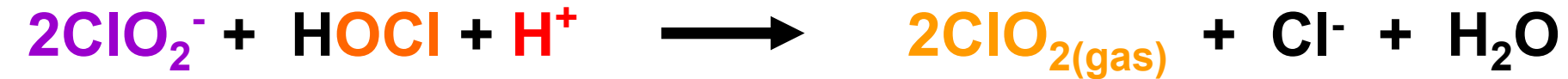


Reference : G.C. White. Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants.

4 th Edition. Wiley Interscience Publication, JOHN WILEY & SONS , INC. 1999

2. Chlorine Solution : Chlorite Solution (Three Compartment)

hydrochloric acid



dissolved

hypochlorous

Sodium

acid

Chlorite

Manufacturer : Drew Industrial USA

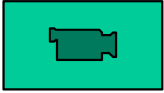
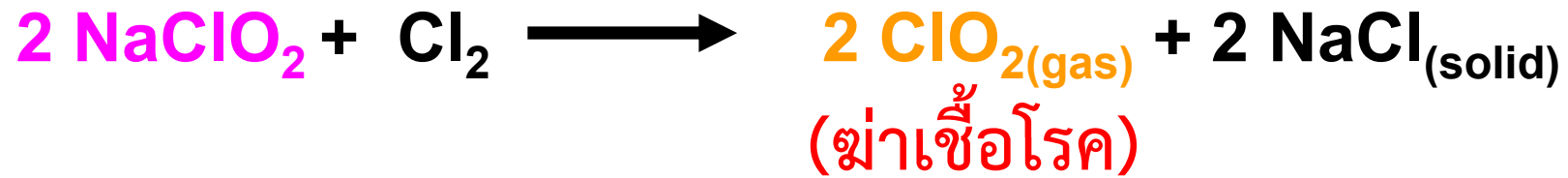
Wallace & Tierman USA

Capital Control USA

CIFEC France



3. Chlorine Gas : Vaporized Chlorite Solution



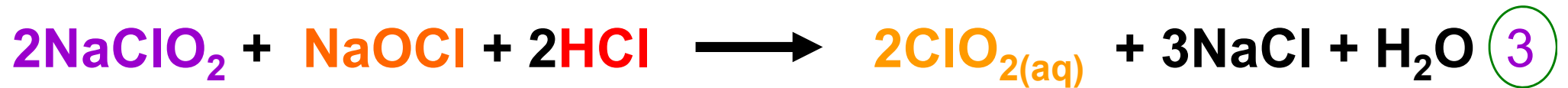
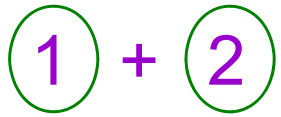
Manufacturer : Vulcan Chemical Tech. USA

4. Chlorite : Hypochlorite : Acid *

(Three Component Process)



Three component process

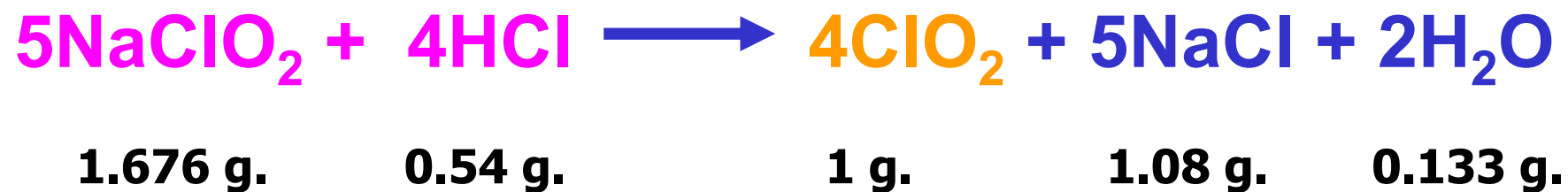


5. Chlorine Gas : Solid Chlorite (Gas : Solid Method)

Rosenblatt and Co-workers



Manufacturer : CDG Tech. USA

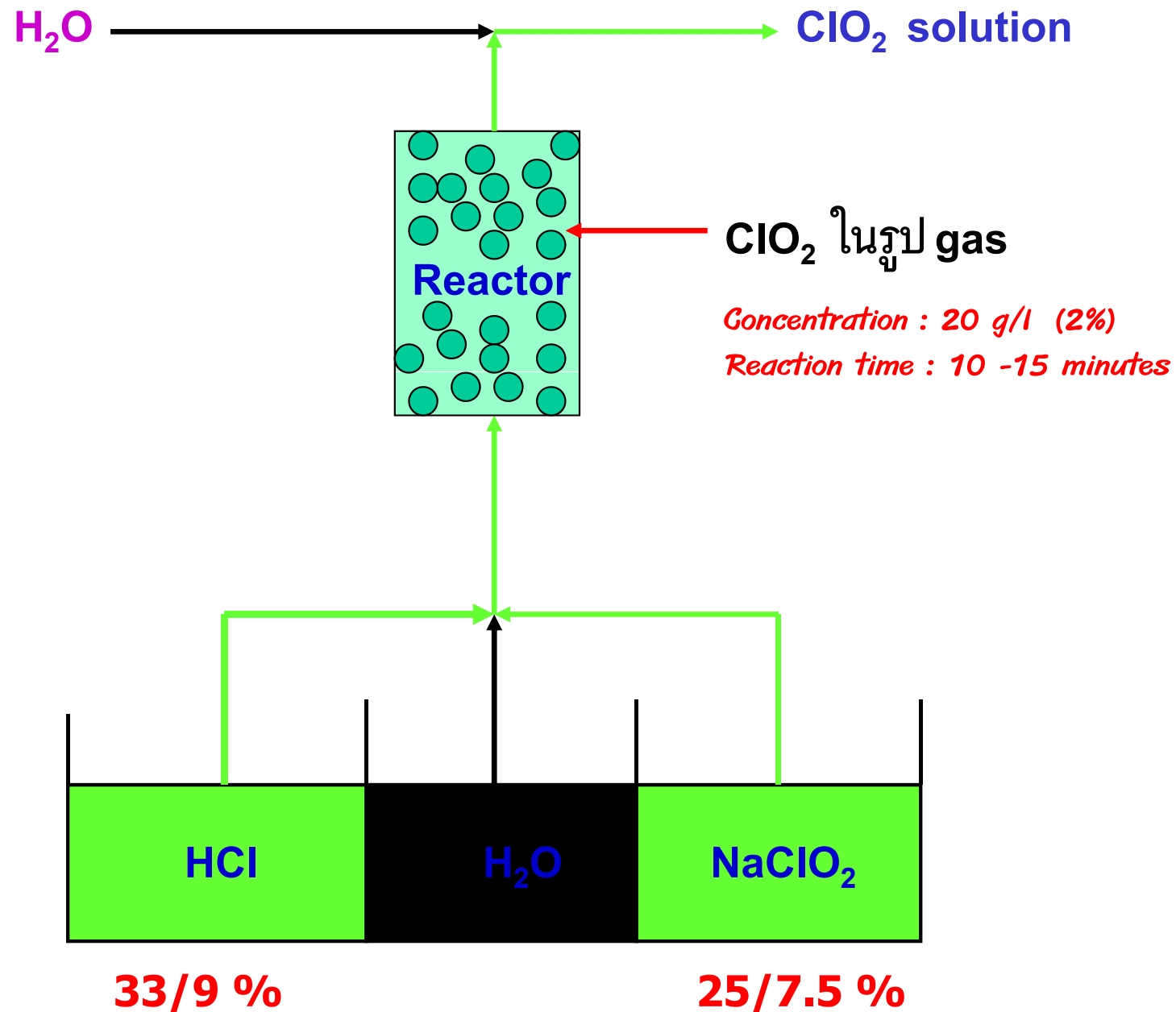


$$\text{HCl} : \text{NaClO}_2 = 0.54 : 1.676 = 0.3$$

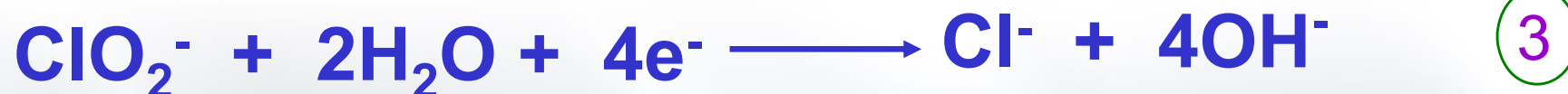
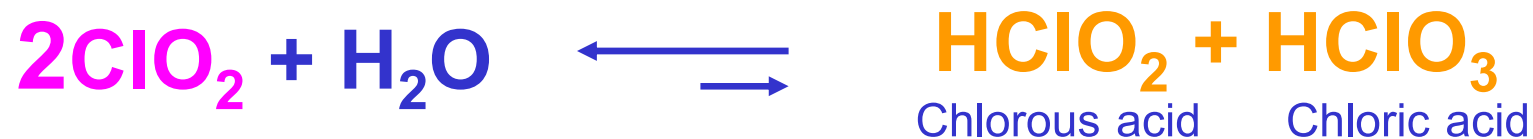


Actual Condition 1.2

Schematic of ClO_2 Production



ปฏิกิริยาของ ClO_2 ในน้ำ



Oxidation Potential and Capacity

Name	formula	Oxidation Potential (volts)	Oxidation Capacity (e ⁻ Transfer)
Chlorine	Cl ₂	1.36	2e ⁻
Chlorine dioxide	ClO ₂	0.95, 1.51	e ⁻ , 5e ⁻

Oxidation Potential เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทำปฏิกิริยากับ substance ต่างๆที่อยู่ในน้ำ

Oxidation Capacity เป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวน electron transfer จนปฏิกิริยาสิ้นสุด

ปริมาณคลอรีนเทียบเท่าใน ClO_2



Chlorine in Chlorine Dioxide in weight = $35.5 \times 100 / 67.5$

= 52.6 percent

Equivalent available chlorine = $52.6 \times 5 = 263$ percent

2.63 Time of Chlorine

ข้อดีของ ClO_2

- มีประสิทธิภาพในการกำจัด Poliovirus I
ดีกว่าคลอรีน

Control of Poliovirus I (Log Reduction)				
5 ppm	Contact Time (Min.)			
	2	5	10	30
Cl ₂	1.9	2.7	3.0	3.0
ClO ₂	3.2	3.7	4.0	4.7
2 ppm	Contact Time (Min.)			
	2	5	10	30
Cl ₂	0.2	0.3	0.4	1.0
ClO ₂	1.2	2.0	2.4	2.5

P.V. Roberts , E.M. Aieta , J.D. Berg , B.M. Chow , Chlorine Dioxide for Wastewater

- มีประสิทธิภาพในการทำลาย Spore ของ
แบคทีเรียดีกว่าคลอรีน

Sporicidal Activity

Disinfectant	Dose (mg/L)	
	pH 5	pH 8
Chlorine	2.6	5.0
Chlorine Dioxide	2.7	2.7
PAA(Peracetic acid)	7.2	>32.0

หมายเหตุ Spore : Bacillus sp.

Condition : Temp 35 ° C
Contact Time 40 Min.

- ทำลายเชื้อ Protozoa *Giardia sp*
and *Cryptosporidium sp.* ได้ดีกว่าคลอรีน

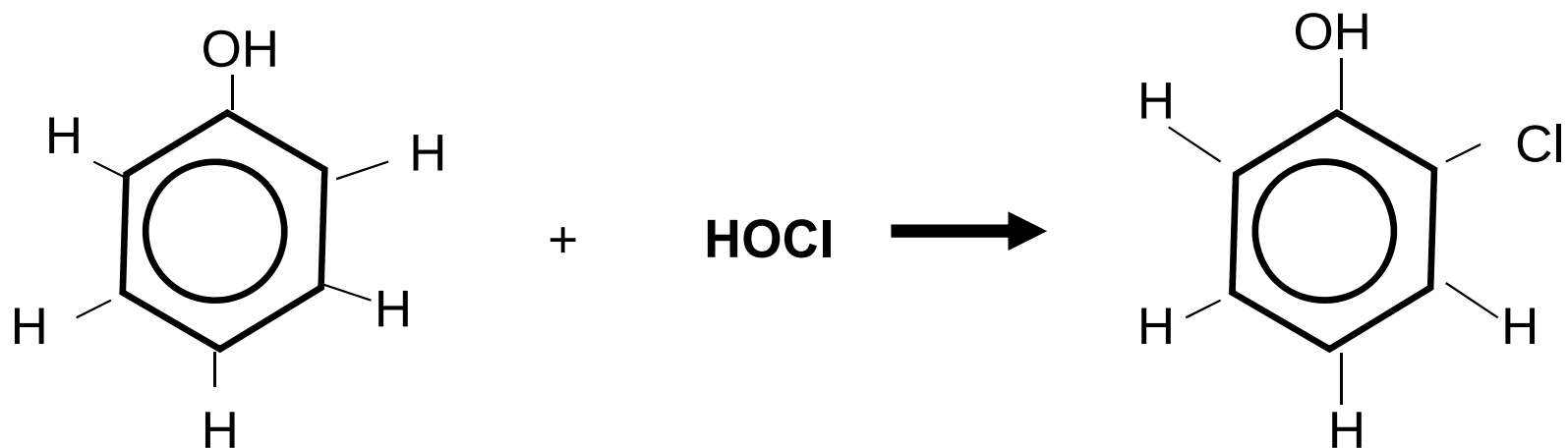
Comparison of effectiveness for inactivating Protozoa ClO₂ VS Cl₂

Protozoa	C . t value (mg.min/l) สารเคมีฆ่าเชื้อโรค pH 6-7		หมายเหตุ
	ClO ₂	Cl ₂	
<i>Giardia lamblia</i> (cyst)	26	47 - >150	99.9% , 99%
<i>Cryptosporidium parvum</i> (oocyst)	78	7200	90%

- กำจัดกลิ่นในน้ำซึ่งเกิดจากสาร Geosamin และ 2-MIB(2-methylisoborneol) ที่สร้างโดยสาหร่าย

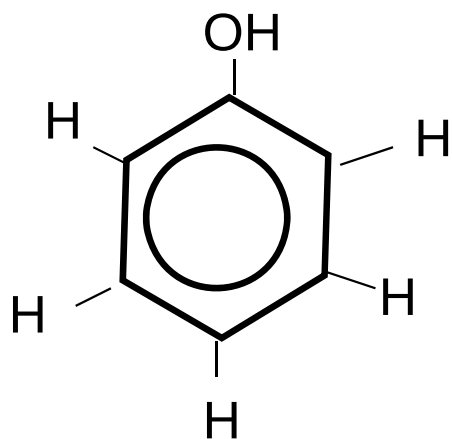
- ไม่ทำปฏิกิริยากับสาร Phenol ทำให้ไม่เกิด chlorophenol ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำ

Chlorination Reaction

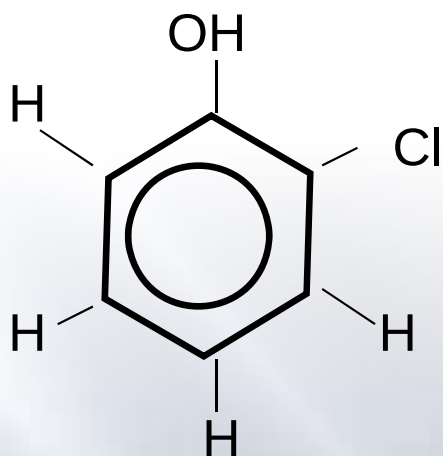


Phenol

2- Chlorophenol

**Phenol**

Oxidation Reaction

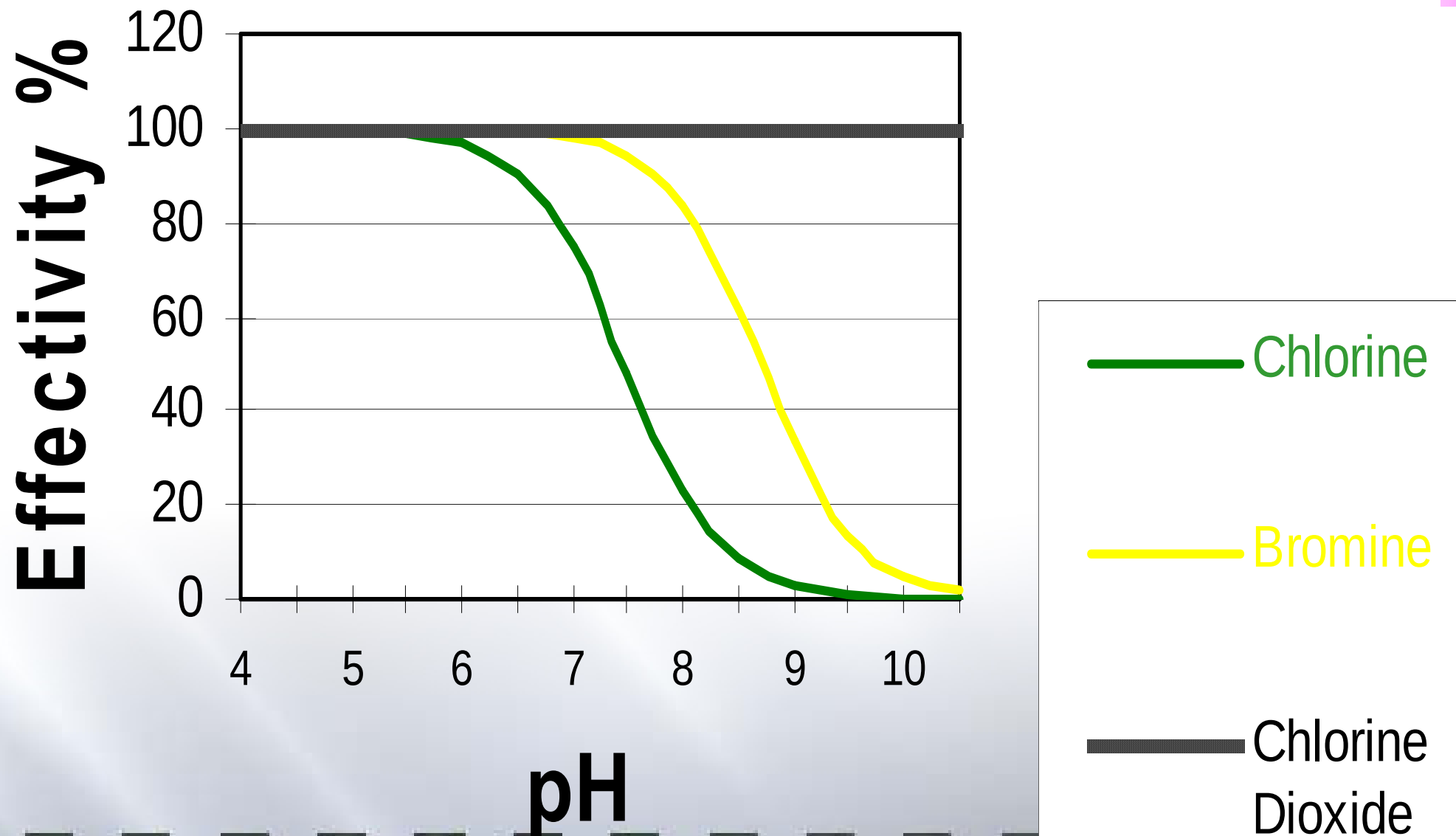
**2- Chlorophenol**

- ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทำให้ไม่เกิดสาร THMs และ HAA5

➤ ลดสารอินทรีย์ในน้ำที่เป็นสารตั้งต้นของ
THMs และ HAA5(Five Haloacetic acid)

➤ ทำงานได้ดีในช่วง pH ที่กว้าง

pH Vs effectivity Plot



➤ มีความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อโรคสูง

➤ กำจัด biofilm ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Ozone (O_3)

ประวัติ

Ozone is defined as activated oxygen or triple O first found by Van Marum ในปี ค.ศ. 1785

Ozone is derived from Greek word "Ozein" meaning "to smell" because of its strong smell.

คุณสมบัติทางกายภาพ

- **M.W. 48**
- **Melting Point -192°C**
- **Boiling Point -112°C**
- **Colorless Gas**
- **Blue color in liquid phase**
- **Density 2.14 kg / m^3 (STP)**

ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของ O_3

OSHA

(Occupational Safety and Health Administration)

0.1 ppm. ในอากาศ 8 ชม./วัน 5 วัน/อาทิตย์

0.3 ppm. ในอากาศ 15 นาที

การผลิตโอโซน

1. ใช้แสง UV

2. ไฟฟ้าแรงดันสูง (Corona Discharge)

การผลิตโอโซน (Corona Discharge)

ผ่านอากาศแห้งหรือก๊าซออกซิเจนเข้าไปในสนามไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 4,000 – 30,000 V

สมการแสดงการเกิด Ozone



$$\text{จากค่า } 1 \text{ Kcal} = 4.2 \text{ KJ}$$

$$\text{จากสมการ } 34.5 \text{ Kcal} \text{ จะได้} = 4.2 \times 34.5 \text{ KJ}$$

$$\text{แต่ } 3,600 \text{ KJ} = 1 \text{ KWh}$$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น } 4.2 \times 34.5 \text{ KJ} \text{ แปลงให้เป็น KWh} \text{ จะได้} \\ = 4.2 \times 34.5 / 3600 \end{aligned}$$

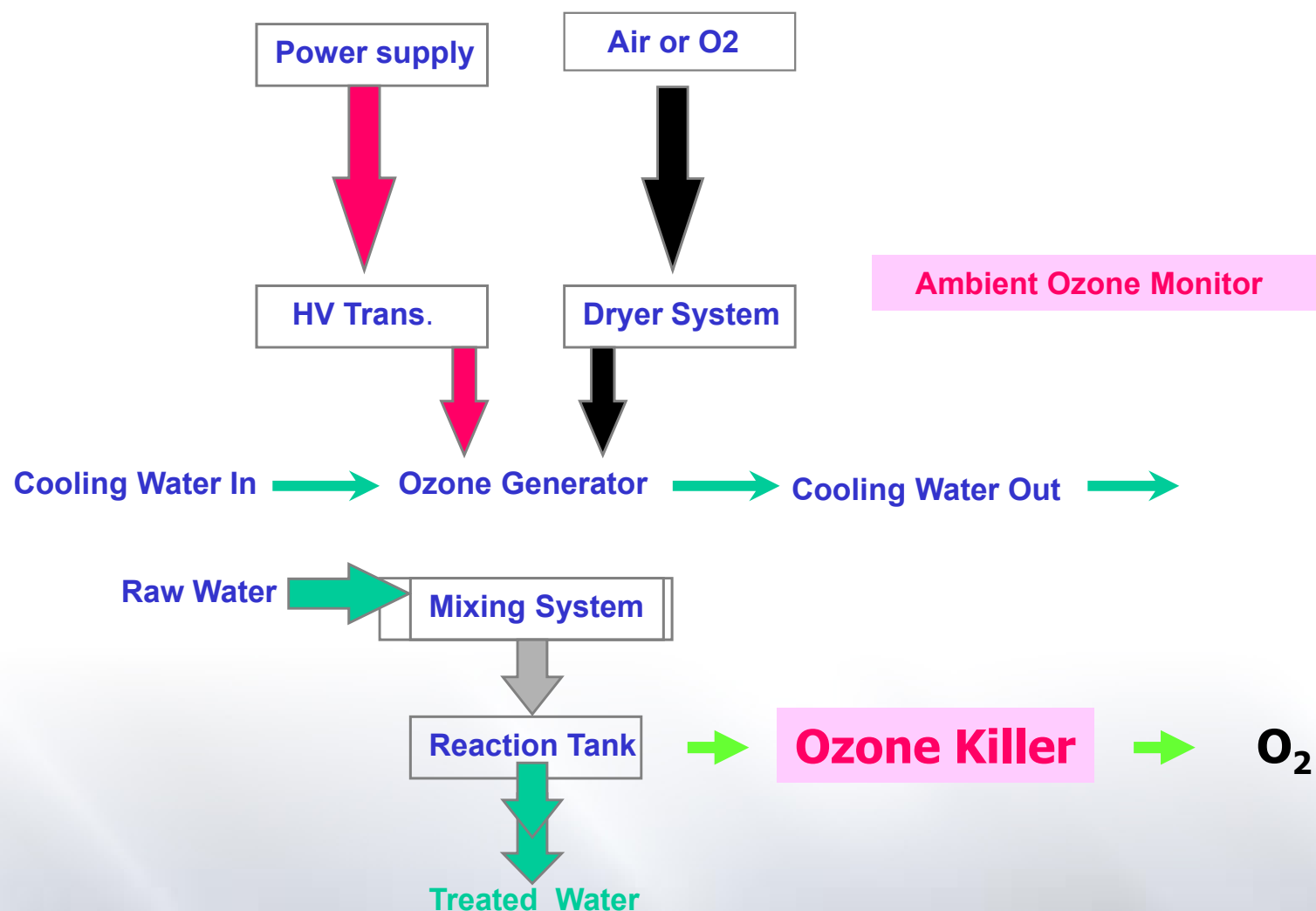
$$\text{เพราะฉะนั้น Ozone } 48 \text{ g} \text{ จะใช้ไฟฟ้า} = 0.04 \text{ KWh}$$

$$\text{Theoretical Power Requirements} = 0.04 \text{ KWh}$$

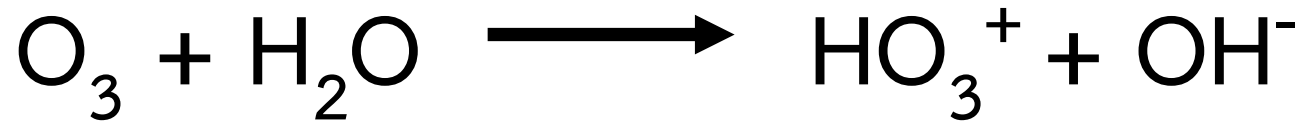
$$\begin{aligned} \therefore \text{Actual Power Requirements} &= 20 \times 0.04 \text{ KWh} \\ &= 0.8 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Actual Power Requirements : 15 to 20 Time Theoretical Power Requirement.

Flow Sheet of an Ozonation System



Chemistry of O_3 in water



HO_2 name : *Hydroperoxyl radical*

HO name : *Hydroxyl radical* (ฆ่าเชื้อโรค)



การสลายตัวของโอโซน

- ที่สภาพน้ำมีค่า pH น้อยกว่า 6.5 และอุณหภูมิต่ำ (Cold Temperature) อัตราการสลายตัวของโอโซนจะต่ำและอุณหภูมิต่ำ(Hot Temperature) อัตราการสลายตัวของโอโซนจะเร็ว
- ที่สภาพน้ำมีค่า pH มากกว่า 8 อัตราการสลายตัวของโอโซนจะเร็วเมื่ออุณหภูมิน้ำสูง
- ที่สภาพน้ำมีค่า pH มากกว่า 10 และทุกอุณหภูมิ อัตราการสลายตัวของโอโซนจะเร็ว



ความเข้มข้นและเวลาสัมผัส

จุลินทรีย์	C*t มก.-นาท./ลิตร
Coliforms / E.coli	0.9 (0.3 , 3)
Virus	1
<i>Giardia lamblia</i>	1.43
<i>Cryptosporidium sp.</i>	5 - 10

Advantages and Disadvantages of O₃

Advantages	Disadvantages
No cost for raw material (air)	High capital cost
Strong oxidant	High energy consumption
Effectively remove Taste & Odor.	Rapidly decompose No residual in water
No THMs. formation	

Biocidal Efficiency & Stability of Disinfectant (Hoff and Geldreich)

Disinfectant	Biocidal Efficiency	Stability
Ozone	1	4
Chlorine Dioxide	2	3
Free Chlorine	3	2
Chloramine	4	1

1 = Best

Ct Value for inactivation of Giardia Cysts

Disinfectant	1-log Inactivation 90%	2-log Inactivation 99%	3-log Inactivation 99.9%
Chlorine	35	69	104
Chloramine	615	1,230	1,850
Chlorine Dioxide	7.7	15	23
Ozone	0.48	0.95	1.43

Ct Value for inact of Cryptosporidium

Disinfectant	2-log Inactivation 99%
Chlorine	7,000
Chlorine Dioxide	78
Ozone	5-10

Oxidation Potential and Capacity

Name	formula	Oxidation Potential (volts)	Oxidation Capacity (e ⁻ Transfer)
Ozone	O ₃	2.07	2e ⁻
Hypochlorous Acid	HOCl	1.49	2e ⁻
Chlorine	Cl ₂	1.33	2e ⁻
Chlorine dioxide	ClO ₂	0.95	5e ⁻

Oxidation Potential เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทำปฏิกิริยากับ substance ต่างๆที่อยู่ในน้ำ

Oxidation Capacity เป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวน electron transfer จนปฏิกิริยาสิ้นสุด

Disinfection by-products

Inorganic byproducts	Halogenated organic byproducts (THMs)	Haloacetic acid byproducts (HAA5)
Bromate ion	Chloroform	Monochloroacetic acid
Chlorite ion	Bromodichloromethane	Dichloroacetic acid
	Dibromochloromethane	Trichloroacetic acid
	Bromoform	Monobromoacetic acid
		Dibromoacetic acid

Disinfectant & Disinfection by-product

	Disinfectants		
	Cl_2	ClO_2	O_3
	THMs	ClO_2^-	Bromate
Byproduct	HAAs		aldehydes

HAA = Haloacetic Acid

THMs = Trihalomethanes

คำแนะนำสำหรับสาร Disinfection by-product

หน่วยงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา

(USEPA:stage1)

ข้อสารเคมี	ระดับที่ควรจะมีได้สูงสุด (MCLs: mg/L)	หมายเหตุ
TTHMs	0.08	เฉลี่ยตลอดปี
HAA5	0.06	เฉลี่ยตลอดปี
Bromate ion	0.01	เฉลี่ยตลอดปี
Chlorite ion	1.0	เฉลี่ย 3 ตัวอย่าง

ชนิดของสารเคมี

1. สารส้ม (Aluminum Sulfate) อาจใช้ในรูปแบบของแข็งหรือของเหลว

- สำหรับในรูปแบบของแข็งนั้นมีทั้งชนิดก้อนและชนิดผง (Grains and Powder) มีสูตรทางเคมี $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ โดยทั่วไปจะกำหนดความบริสุทธิ์ ในส่วนของ Al_2O_3 ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เตรียมที่ 10 ถึง 20 % (10 ถึง 20 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)
- สำหรับในรูปแบบของเหลวนั้นโดยทั่วไปจะกำหนดส่วนของ Al_2O_3 ระหว่าง 8 ถึง 8.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 630 ถึง 650 กรัมของ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ต่อลิตรของสารส้มเหลว (ปัจจุบันนิยมใช้ที่ 50 %)



เนื่องจากสารส้มเป็นเกลือของด่างอ่อน (Aluminium Hydroxide) ผสมกับกรดแก่ (Sulphuric Acid) ดังนั้นสารละลายจึงมีฤทธิ์เป็นกรดมีค่า pH อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3.8

2. เฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) มีทั้งในรูปของแข็งหรือของเหลว ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปแบบของเหลว ในรูปของแข็งจะเป็นผลึก (Crystal) สีน้ำตาลเหลืองมีสูตรทางเคมีคือ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในรูปของเหลวที่ใช้ในทางการค้าจะประกอบด้วย FeCl_3 บริสุทธิ์ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ สารเฟอริกคลอไรด์นี้เป็นสารกัดกร่อนอย่างแรง ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บในถังเหล็ก



3. เฟอรัสซัลเฟต (Ferrous Sulphate ; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) มีลักษณะเป็นผงสีเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถละลายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ มีส่วนประกอบของเหล็ก 19 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของสารละลายที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 2.8 เพราะฉะนั้นภาชนะที่ใช้เก็บไม่ควรใช้โลหะถ้าเป็นถังพลาสติกสามารถใช้งานได้ดี

4. เฟอริกซัลเฟต (Ferric Sulphate ; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในรูปของสารละลายจะเกิดการ Hydrolysis เกิดเป็นกรดซัลฟูริกได้ ดังนั้นต้องระวังในการใช้งาน



5. โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride) หรือเรียกอย่างย่อว่า PACl ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ประเทศจีนและประเทศอินเดีย ทั้งนี้เนื่องจากประเทศเหล่านี้สามารถผลิต PACl ได้เอง

- สำหรับประเทศไทยได้เริ่มมีการผลิตและการนำเข้ามาจำหน่ายแต่ยังไม่นิยมแพร่หลายเท่ากับสารส้ม ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านราคาเพราะ PACl มีราคาสูงกว่าสารส้มประมาณ 3 เท่า ปัจจุบันราคาเริ่มลดลงมาแข่งขันกับสารส้มแล้ว

- PACl มีคุณสมบัติในการช่วยตกตะกอนได้ดีกว่าการใช้สารส้มในหลายด้าน โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์เป็นเกลืออะลูมิเนียมที่มีสูตรเคมีคือ $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$



- ลักษณะทั่วไปของ PACl อาจอยู่ในรูปของสารละลายใสหรือขุ่นเล็กน้อย (ความเข้มข้นประมาณ 33 – 35 %) และอาจอยู่ในรูปของผงสีขาว เติร์ยมที่ 10 ถึง 20 % (10 ถึง 20 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

คุณลักษณะทางเคมีของ Polyaluminium Chloride (มอก. 2150 -2546)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละโดยน้ำหนัก	10.0 ถึง 11.0
2	ความเป็นด่าง ร้อยละโดยน้ำหนัก	45 ถึง 65
3	ความเป็นกรด – ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 10 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	3.5 ถึง 5.0
4	ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	3.5



6. Cationic Polymer เช่น Polydiallyldimethylammonium มีลักษณะเป็นของเหลว เตรียมที่ 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

7. Anionic Polymer เช่น Polystyrene sulphonate มีลักษณะในขั้นแรกเป็นผง เตรียมที่ 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

8. Nonionic Polymer เช่น Polyethylene Oxide มีลักษณะเป็นผง เตรียมที่ 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

9. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate ; Na_2CO_3) มีลักษณะเป็นผงสีขาว สามารถละลายน้ำได้ มีความหนาแน่นประมาณ 500 ถึง 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพการอัดตัวแต่ความสามารถในการละลายน้ำต่ำ คือ ประมาณ 100 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 20 °C



10.โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium Bicarbonate ; NaHCO_3) อยู่ในรูปผง มีความหนาแน่นประมาณ 800 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพการอัดตัว การละลายน้ำน้อยกว่าโซเดียมคาร์บอเนต คือ ประมาณ 96 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 20 °C

11.โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium Hypochlorite ; NaOCl) ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปอยู่ในรูปของเหลว ประมาณร้อยละ 20 เตรียมที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร) ปัจจุบันโรงงานผู้ผลิตจะเตรียมที่ความเข้มข้น 10 % เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทันที



รายการที่	คุณลักษณะ	โซเดียมไฮโปคลอไรท์	
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 10	ไม่น้อยกว่า 5
2	เสถียรภาพต่อความร้อน อะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	7.7	4.9
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดย น้ำหนักไม่เกิน	-	-
4	ด่างอิสระ (คำนวณเป็น NaOH) ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน	1.5	0.5



12.แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Calcium Hypochlorite ; $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแข็ง (เป็นผง) ซึ่งประกอบด้วย $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ร้อยละ 65 ถึง 70 หรือประมาณ 650 ถึง 700 กรัมต่อกิโลกรัมของ Active Chlorine ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรเตรียมที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 6
2	เสถียรภาพต่อความร้อนอะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	5.0
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	1.0
4	ด่างอิสระ (คำนวณป็น NaOH) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-



13. ปูนคลอรีน(Chlorinated Lime) มีสูตรทางเคมี คือ CaOCl_2 เป็นผงมีความบริสุทธิ์ 70 % และมี Available Chlorine 27 – 37 % เตรียมที่ความเข้มข้น 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	27 ถึง 37
2	เสถียรภาพต่อความร้อนอะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	24
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	-
4	ด่างอิสระ (คำนวณป็น NaOH) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-



14. กรดกำมะถัน (Sulphuric acid ; H_2SO_4) ใช้ในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangers) ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH correction) และใช้ในการเตรียม Activated Silica

สำหรับกรดกำมะถันที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา มีความหนาแน่น 1,830 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรและมีเนื้อกรดร้อยละ 92 - 98 โดยน้ำหนัก ความหนืดที่ 20°C 25 mPa/s (25 centipoises)

15. กรดเกลือ (Hydrochloric acid ; HCl) ใช้ในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangers) ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH correction) และใช้ในการเตรียม Chlorine Dioxide กรดเกลือที่ใช้ในการผลิตน้ำสะอาด เป็นกรดชนิดที่เรียกว่า Technical Grade ซึ่งประกอบด้วยกรดเกลือ ร้อยละ 31 - 36 โดยน้ำหนักและมีความหนาแน่น 1,170 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร



18. โซดาไฟ (Caustic soda ; NaOH) โซดาไฟที่ใช้มีทั้งที่เป็นของแข็ง(เป็นก้อนหรือเกล็ด) และเป็นของเหลว (ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ) โซดาเกล็ดมีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และประกอบด้วย NaOH ร้อยละ 98

การใช้โซดาไฟต้องระมัดระวัง เนื่องจากจะเกิดความร้อนขึ้นในขณะที่ทำให้เป็นสารละลาย ในการเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 5% จะมีความร้อนเกิดขึ้นประมาณ 1.066 kj/kg

19. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) มีสูตรทางเคมี คือ CO_2 เป็นของเหลวที่มีความเข้มข้น 99.5 %

20. ก๊าซคลอรีน มีสูตรทางเคมี คือ Cl_2 ในการจัดส่งเป็นของเหลวมีความบริสุทธิ์ 99.8 %



21. โอโซน (Ozone) มีสูตรทางเคมี คือ O_3 ใช้งานโดยใช้เครื่องกำเนิดติดตั้งบริเวณที่ใช้งาน ความเข้มข้นที่ใช้งานระหว่าง 1 – 5.3 mg/l (วัด Residual Ozone ให้ได้ 0.5 – 1.0 mg/l)

22. Chlorine Dioxide มีสูตรทางเคมี คือ ClO_2 ใช้งานโดยผสม $NaClO_2$ กับ Cl_2 ซึ่งจะต้องนำไปใช้งานทันที

23. Potassium permanganate มีสูตรทางเคมี คือ $KMnO_4$ ลักษณะเป็นผงมีความบริสุทธิ์ 97 – 99% สำหรับฆ่าเชื้อโรคและกำจัดแมงกานีสในน้ำ เติรียมที่ 2 ถึง 5 % (2 ถึง 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร) และ Degremont กำหนดความเข้มข้นที่เติรียมระหว่าง 5 กรัม/ลิตร ถึง 30 กรัม/ลิตร (0.5 ถึง 3%) ที่อุณหภูมิ $20^{\circ}C$ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 ถึง 60 นาที ถ้าเติรียมมากกว่า 15 กรัม/ลิตร (1.5 %) จะมีโอกาสเกิดการตกตะกอนได้



สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

1. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของแข็ง 100 % (W/W)

Example

กำหนดให้ Flow น้ำดิบ	=	A	m ³ /hr
Optimum dose ของสารเคมีที่จ่าย	=	B	mg/l
Stock Solution ของสารเคมีเตรียมที่	=	C	%(W/V)
	=	C	Kg/100 L
	=	Cx10	g/L
จากน้ำดิบ 1 ลิตร ใช้สารเคมี	=	B	mg



เพราะฉะนั้นจาก Flow น้ำดิบ A m³ = A x 1,000 ลิตร ใช้สารเคมี = A x 1000 x B มิลลิกรัม

แต่ Stock Solution ของสารเคมี C x 10 กรัม มาจากสารเคมี = 1 ลิตร

ถ้าใช้ Stock Solution สารเคมี $\frac{A \times 1000 \times B}{1000}$ กรัมจะใช้สารเคมี = $\frac{A \times 1000 \times B \times 1}{1000 \times C \times 10}$

= $\frac{A \times B}{C \times 10}$ ลิตร/ชั่วโมง

เป็นที่มาของสูตร สำหรับการปรับ Metering Pump

$$\frac{Flow(m^3 / hr) \times ppm}{10 \times \% Stock Solution} = l / hr$$



สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

2. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของแข็ง D % (W/W)

Example

กำหนดให้ Flow น้ำดิบ = A m^3/hr

Optimum dose ของสารเคมีที่จ่าย = B mg/l

Stock Solution ของสารเคมีเตรียมที่ = C %

= C $\text{Kg}/100 \text{ L}$

หมายถึงเนื้อสารเคมี C กิโลกรัมละลายน้ำ 100 ลิตรจะได้ความเข้มข้น C %

Raw Chemical ที่นำมาเตรียม D % หมายถึงเนื้อสารเคมี D กิโลกรัมมาจากสารเคมี 100 กิโลกรัม



$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นเนื้อสารเคมี D} \quad \text{กิโลกรัมมาจากสารเคมี} &= 100 \quad \text{กิโลกรัม} \\ \text{ถ้าต้องการเนื้อสารเคมี C} \quad \text{กิโลกรัมมาจากสารเคมี} &= \frac{C \times 100}{D} \quad \text{กิโลกรัม} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Stock Solution สารเคมีที่เตรียม} = \frac{C \times 100}{D \times 100} \quad \text{กิโลกรัม/ลิตร} = \frac{C \times 1000}{D} \quad \text{กรัม/ลิตร}$$

$$\text{จากน้ำดิบ 1 ลิตร ใช้สารเคมี} = B \quad \text{มิลลิกรัม}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นจาก Flow น้ำดิบ A m}^3 = A \times 1,000 \text{ ลิตร ใช้สารเคมี} = A \times 1000 \times B \quad \text{มิลลิกรัม}$$

$$\text{แต่ Stock Solution ของสารเคมี } \frac{C \times 1000}{D} \text{ กรัม มาจากสารเคมี} = 1 \quad \text{ลิตร}$$

$$\text{ถ้าใช้ Stock Solution สารเคมี } \frac{A \times 1000 \times B}{1000} \text{ กรัมจะใช้สารเคมี} = \frac{A \times 1000 \times B \times D}{1000 \times C \times 1000}$$

$$= \frac{A \times B \times D}{C \times 1000} \text{ ลิตร/ชั่วโมง}$$

เป็นที่มาของสูตร สำหรับการปรับ Metering Pump

$$\frac{\text{Flow(m}^3 / \text{hr)} \times \text{ppm} \times \% \text{Raw Chemical(w / w)}}{1,000 \times \% \text{Stock Solution(w / v)}} = \text{l / hr}$$

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

3. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของเหลว D % (W/W)

Example

กำหนดให้ Flow น้ำดิบ = A m³/hr

Optimum dose ของสารเคมีที่จ่าย = B mg/l

จาก Specification สารเคมี

1. Raw Chemical ที่นำมาเตรียม D % หมายถึงเนื้อสารเคมี D กิโลกรัมมาจากสารเคมี 100 กิโลกรัม

2. ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) (SG) เท่ากับ C ที่อุณหภูมิใช้งาน

ต้องเปลี่ยนน้ำหนัก 100 กิโลกรัมให้เป็นปริมาตรจากสูตร

$$\rho = \frac{m(\text{kg})}{V(\text{m}^3).SG} \quad \text{kg / m}^3$$

จากความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้ค่า = 997.1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
แทนค่าลงในสูตร

$$997.1 = \frac{100\text{kg}}{V(m^3).C}$$

$$V = \frac{100}{997.1C} m^3$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{สารเคมีที่นำมาเตรียมเป็น Stock Solution มีความเข้มข้น} &= \frac{D}{\left(\frac{100}{997.1C}\right)} \text{ kg / m}^3 \\ &= \frac{997.1CD}{100} \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \\ &= \frac{997.1CD}{(100 \times 1,000)} \text{ กิโลกรัม/ลิตร} \end{aligned}$$

$\therefore$ สารเคมีที่นำมาเตรียมเป็น Stock Solution มีความเข้มข้นในรูป W/V จะเท่ากับ

$$0.9971CD \left(\frac{\text{kg}}{100L} \right) = 0.9971CD \% (W / V)$$

$$\text{จากน้ำดิบ 1 ลิตร ใช้สารเคมี} = B \text{ mg}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นจาก Flow น้ำดิบ } A \text{ m}^3 = A \times 1,000 \text{ ลิตร ใช้สารเคมี} = A \times 1,000 \times B \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{แต่ Stock Solution ของสารเคมี } \frac{997.1CD \times 1000}{100 \times 1000} \text{ กรัม มาจากสารเคมี} = 1 \text{ ลิตร}$$

$$\text{ถ้าใช้ Stock Solution สารเคมี } \frac{A \times 1,000 \times B}{1,000} \text{ กรัม จะใช้สารเคมี} = \frac{A \times 1,000 \times B \times 100 \times 1,000}{1,000 \times 997.1CD \times 1,000} \text{ ลิตร}$$

$$= \frac{A \times B}{9.971 \times C \times D} \text{ ลิตร}$$

$$\text{ดังนั้นอัตราการจ่ายสารเคมี} = \frac{A \times B}{9.971 \times C \times D} \text{ ลิตร/ชั่วโมง}$$

เป็นที่มาของสูตร สำหรับการปรับ Metering Pump

$\frac{\text{Flow}(\text{m}^3 / \text{hr}) \times \text{ppm}}{9.971 \times \text{specific Gravity} \times \% \text{Raw Chemical}(\text{w} / \text{w})}$	$=$	l / hr
---	-----	------------------------

สูตรคำนวณสารเคมีต่างๆในระบบผลิตน้ำประปา

4. การคำนวณปริมาณปูนขาว (Quick lime)

สมมุติ เตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 = A กรัม/ลิตร

เตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 ปริมาตร = B ลูกบาศก์เมตร

จาก Stock Solution Ca(OH)_2 ปริมาตร 1 ลิตร มีเนื้อ Ca(OH)_2 = A กรัม

ถ้าเตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 ปริมาตร $B \times 1000$ ลิตร มี Ca(OH)_2 = $A \times B \times 1000$ กรัม

แต่จากสมการ $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2$

Molecular weight 56

74

เพราะฉะนั้น Ca(OH)_2 74 กิโลกรัม มาจาก CaO = 56 กิโลกรัม

ถ้า Ca(OH)_2 $A \times B$ กิโลกรัม มาจาก CaO = $\frac{A \times B \times 56}{74}$ กิโลกรัม

แต่จาก Grade ปูนขาวเป็น industrial grade = C % as CaO

เพราะฉะนั้น CaO น้ำหนัก C กิโลกรัม ได้จากปูนขาว = 100 กิโลกรัม

ถ้า CaO น้ำหนัก $\frac{A \times B \times 56}{74}$ กิโลกรัม ได้จากปูนขาว = $\frac{A \times B \times 56 \times 100}{74 \times C}$

ดังนั้นถ้าต้องการเตรียม Stock Solution $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ความเข้มข้น A กรัม/ลิตรให้ได้ ปริมาตร B ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้ปูนขาว (CaO)

$$\frac{A \times B \times 56 \times 100}{74 \times C}$$

กิโลกรัม

โดยที่

A = ความเข้มข้นของ Stock Solution $\text{Ca}(\text{OH})_2$ กรัม/ลิตร

B = ปริมาตรของ Stock Solution $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ลูกบาศก์เมตร

C = Grade ปูนขาวเป็น industrial grade = C % as CaO

ตัวอย่าง ปูนขาว CaO 90 % ให้ได้ Stock Solution $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 30$ กรัม/ลิตร เตรียมที่ 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้ปูนขาวน้ำหนักเท่าใด

$$\text{แทนค่าลงในสูตร} = \frac{30 \times 1 \times 56 \times 100}{74 \times 90}$$

$$= 25.225$$

กิโลกรัม

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION จากสารเคมีในรูปแข็ง(W/W)ยกเว้นปูนขาว

ใช้สำหรับสารส้มชนิดของแข็ง(ก้อนหรือเกล็ด), PAClชนิดผงหรือเกล็ด , โพลีเมอร์ชนิดผง ต่างทั้งชนิดก้อนหรือเกล็ด คลอรีนชนิดผงหรือเกล็ดยกเว้นปูนขาวและโซดาซักผ้า

วิธีทำ

โดยการเตรียมจากสารเคมีชนิดก้อนหรือชนิดเกล็ดหรือผงมีความเข้มข้น 65 % (weight/weight)

หมายถึงสารเคมี 100 กรัม มีเนื้อสารเคมี = 65 กรัม

∴ ถ้าต้องการเตรียม Stock Solution เนื้อสารเคมี = 10 % หมายถึง มีเนื้อสารเคมี
= 10 กิโลกรัม/น้ำ 100 ลิตร
= 100 กรัม/น้ำ 1 ลิตร

จะใช้สารเคมี เท่าใด ?

จากเนื้อสารเคมี = 65 กรัม จะต้องใช้สารเคมี = 100 กรัม

∴ ถ้าต้องการเตรียมเนื้อสารเคมี = 100 กรัม จะต้องใช้สารเคมี = $\frac{100 \times 100}{65}$ กรัม

$$= 153.85 \text{ กรัม}$$

$$\therefore \text{นั่นคือจะต้องใช้สารเคมี} = 153.85 \text{ กรัม ละลายน้ำ } 1 \text{ ลิตรจะได้ความเข้มข้นของสารเคมี}$$
$$= 10 \%$$

$$\text{เตรียมถัง STOCK SOLUTION ที่ปริมาตร} = 200 \text{ ลิตร}$$

$$\text{จะใช้สารเคมี} = 200 \times 153.85$$

$$= 30,769.23 \text{ กรัม}$$

$$= 30.76 \text{ กิโลกรัม}$$

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION จากสารเคมีในรูปของเหลว(W/W)

ใช้สำหรับสารเคมีชนิดของเหลวทุกชนิด เช่น คลอรีนเหลว , ปูนขาวชนิด Slack Lime (Ca(OH)_2) เป็นต้น

1. โดยการเตรียมจากสารเคมี(Raw Chemical)ชนิดเหลวมีความเข้มข้น = 28 % (weight/weight)

หมายถึงสารเคมี 100 กิโลกรัม มีเนื้อสารเคมี = 28 กิโลกรัม

2. สารเคมี(Raw Chemical)มีค่าความถ่วงจำเพาะ(specific gravity)(S.G) = 1.2

3. จากความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้ค่า = 997.1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4. ต้องการเตรียมสารเคมี (Stock Solution) ที่ความเข้มข้น = 10 % (weight/volume)

หมายถึงเนื้อสารเคมี 10 กิโลกรัม ละลายน้ำให้ได้ = 100 ลิตร

วิธีทำ

จากสมการ

$$\rho = \frac{m(kg)}{V(m^3).(S.G)}$$

ต้องเปลี่ยนหน่วยน้ำหนักของสารเคมี(Raw Chemical) ชนิดเหลว 100 กิโลกรัมให้เป็นปริมาตรดังนี้

$$V(m^3) = \frac{m(kg)}{\rho.S.G}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{ปริมาตรของสารเคมี(Raw Chemical) ชนิดเหลว 100 กิโลกรัม} &= \frac{100}{997.1 \times 1.2} \\ &= 0.083575703 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ \therefore \text{สารเคมีที่นำมาเตรียม เป็น Stock Solution มีความเข้มข้น} &= \frac{28}{0.083575703} \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \\ &= 335.0256 \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{ดังนั้นสารเคมี Raw Chemical น้ำหนัก } 335.0256 \text{ กิโลกรัมได้สารละลาย} &= 1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\ \text{ถ้าต้องการสารเคมี Stock Solution น้ำหนัก } 10 \text{ กิโลกรัมได้สารละลาย} &= \frac{10 \times 1}{335.0256} \text{ ลูกบาศก์เมตร}\end{aligned}$$

$$= 0.029848465 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้น Stock Solution ที่ต้องการเตรียมจากสารเคมี(Raw Chemical)

$$= 0.029848465 \text{ ลูกบาศก์เมตร/น้ำ 100 ลิตร}$$

$$= 29.848465 \text{ ลิตร/ละลายน้ำให้ได้ 100 ลิตร}$$

จะได้ความเข้มข้นของ Stock Solution 10 % (weight/volume)

ในทางปฏิบัติการวัดปริมาตร 29.848465 ลิตรทำได้ยากดังนั้นจึงต้องแปลงหน่วยให้เป็นน้ำหนัก โดยนำความถ่วงจำเพาะมาคำนวณดังนี้

$$V(m^3) = \frac{m(kg)}{\rho.S.G}$$

$$0.029848465 = \frac{M \text{ (kg)}}{997.1 \times 1.2}$$

$$\therefore \text{จะต้องใช้สารเคมี} = 35.71 \text{ กิโลกรัม/ละลายน้ำให้ได้ 100 ลิตร}$$











24 4 2002



24 4 2002

จุดจ่ายดลวริน

24 4 2002





29 1 2003



28 1 2003



Q

uestions ?

Thank You !

...

