การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

Name : Tawatchai Lijutipoom

Educational Background : Master degree in Microbiology

Position : Chief of Raw Water Data Analysis

1981 Bachelor Degree in Biology from Chiengmai U.

1986 Master Degree in Microbiology from the same U.

1986 Started working for MWA 's Water Quality Control Division

1991 Transferred to Division of Safety and Environment

1993 given an assignment as counterpart for NWTTI JICA Project

1997 3 months Training course in Japan

1999- currently Working for Department of Production Planning and Quality Control

กระบวนการผลิตน้ำสะอาด

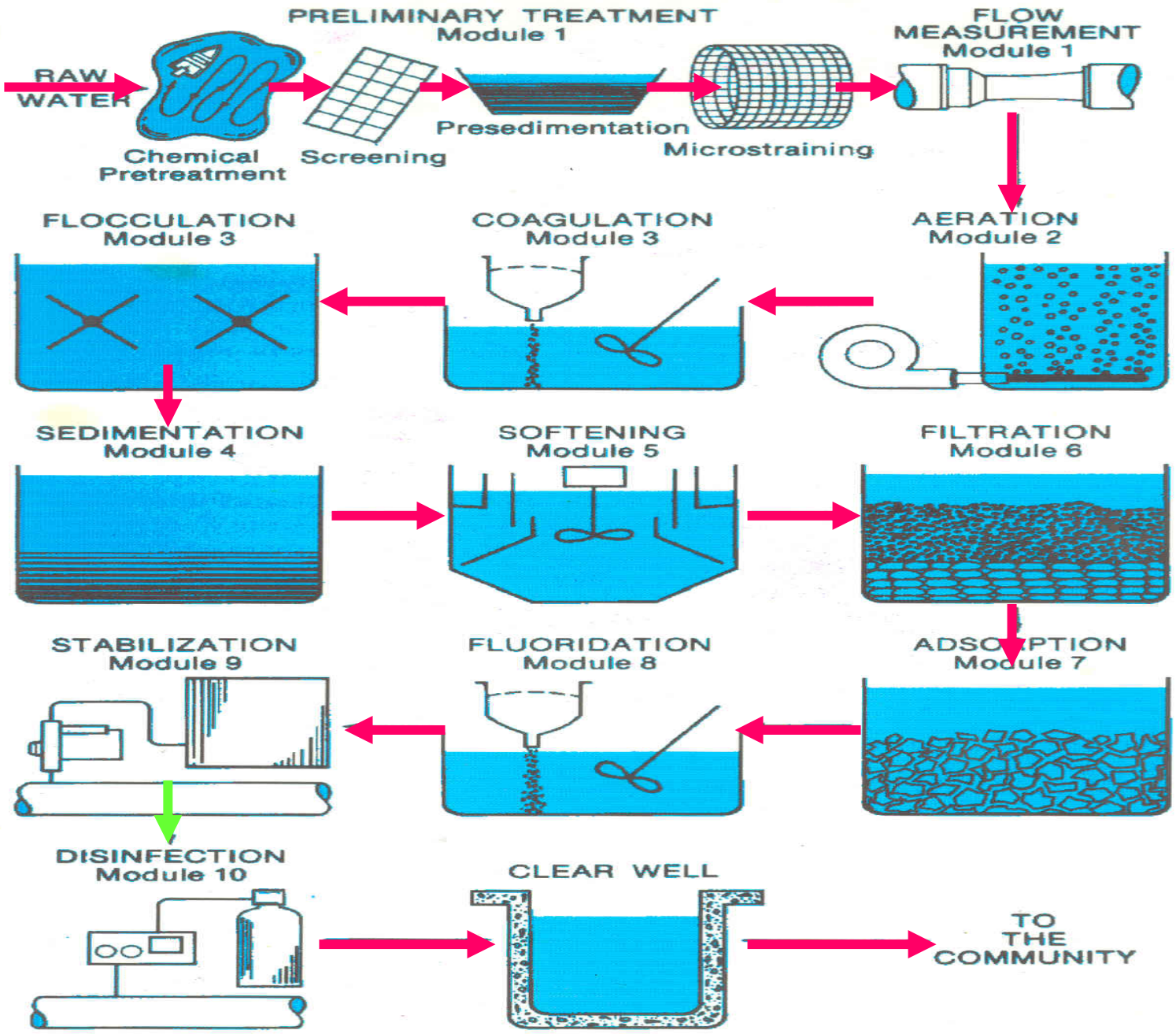


Figure 1. Typical Arrangement of Water Treatment Process

คุณลักษณะของน้ำดื่ม

1. ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
   - ปราศจากเชื้อโรค
   - ปราศจากสารพิษ
2. น่าดื่ม
   - ใส
   - ไม่มีสี , ไม่มีกลิ่น
3. รสชาติดี

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่ม

การทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายซึ่งโดยทั่วไป

แล้วจะใช้สารเคมี

วัตถุประสงค์

ทำให้น้ำปราศจากเชื้อโรคบริโภคได้อย่างปลอดภัย

Disinfectants

มาตรฐานน้ำดื่ม

The first drinking standards were issued at least 4,000 years Ago. In *The quest for Pure Water*, Baker quotes a Sanskrit source as follows

.....it is directed to heat foul water by boiling and Exposing to sunlight and by dipping seven times into a piece of hot copper , then to filter and cool in an earthen vessel

(M.N. Baker, The Quest for Pure Water , vol. I 2d ed., McGraw-Hill and American Water Works Association, New York, 1981)

เชื้อโรคที่มากับน้ำ

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

* Surface Water Treatment Rule USEPA

มาตรฐานน้ำดื่มทางด้านแบคทีเรีย

Items	Unit	Max. allowable	
		TIS. 257 1-2521	WHO 1996
Standard Plate Count	C.F.U./mL.	≤ 500	-
Coliform Bacteria	MPN / 100mL.	< 2.2	ไม่พบ
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

สารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ

- Chlorine(Cl_2) and Chlorine compounds
  - $Ca(OCl)_2$: Calcium Hypochlorite (white granule)
  - NaOCl :โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (yellowish-green liquid)
- Chlorine Dioxide (ClO_2)
- Ozone (O_3)
- Hydrogen peroxide (H_2O_2)
- Chloramines

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสารคมีฆ่าเชื้อโรค

1. Performances
   - pH affecting
   - Selectivity
   - Biofilm Removal
   - Kinetics
   - Bacterial Recovery
2. Environmentally Friendly
   - THMs
   - TOX
   - HAA5

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสารคมีฆ่าเชื้อโรค

3. Safety

   Easy to Handle

   Easy to Use

4. Economics

   Clean System

   Contaminated System

คลอรีน (Cl_2)

ประวัติ

A.D. 720 – 810 Geber นักเคมีชาวอาหรับผู้ค้นพบ aqua regia (3 part HCl + 1 part HNO_3) พบว่าเมื่อให้ความร้อนกับส่วนผสมนี้จะทำให้เกิดก๊าซชนิดหนึ่งที่มีกลิ่นฉุน

A.D. 1774 Karl W. Scheele Swedish นักเคมีชาวสวีเดน พบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่แมงกานีสออกไซด์และกรดเกลือจะได้ก๊าซชนิดหนึ่งมีกลิ่นฉุนแสบจมูก

$$MnO_2 + 4\,HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

A.D. 1810 Sir Humphry Davy ประกาศว่าก๊าซของ Scheele เป็นธาตุชนิดหนึ่งและตั้งชื่อว่า “Chlorine” มาจากภาษากรีก “Chloros” ซึ่งแปลว่าเขียว

กระบวนการผลิตคลอรีน

1. Mercury Electrolytic Cell

Caustic 50 %

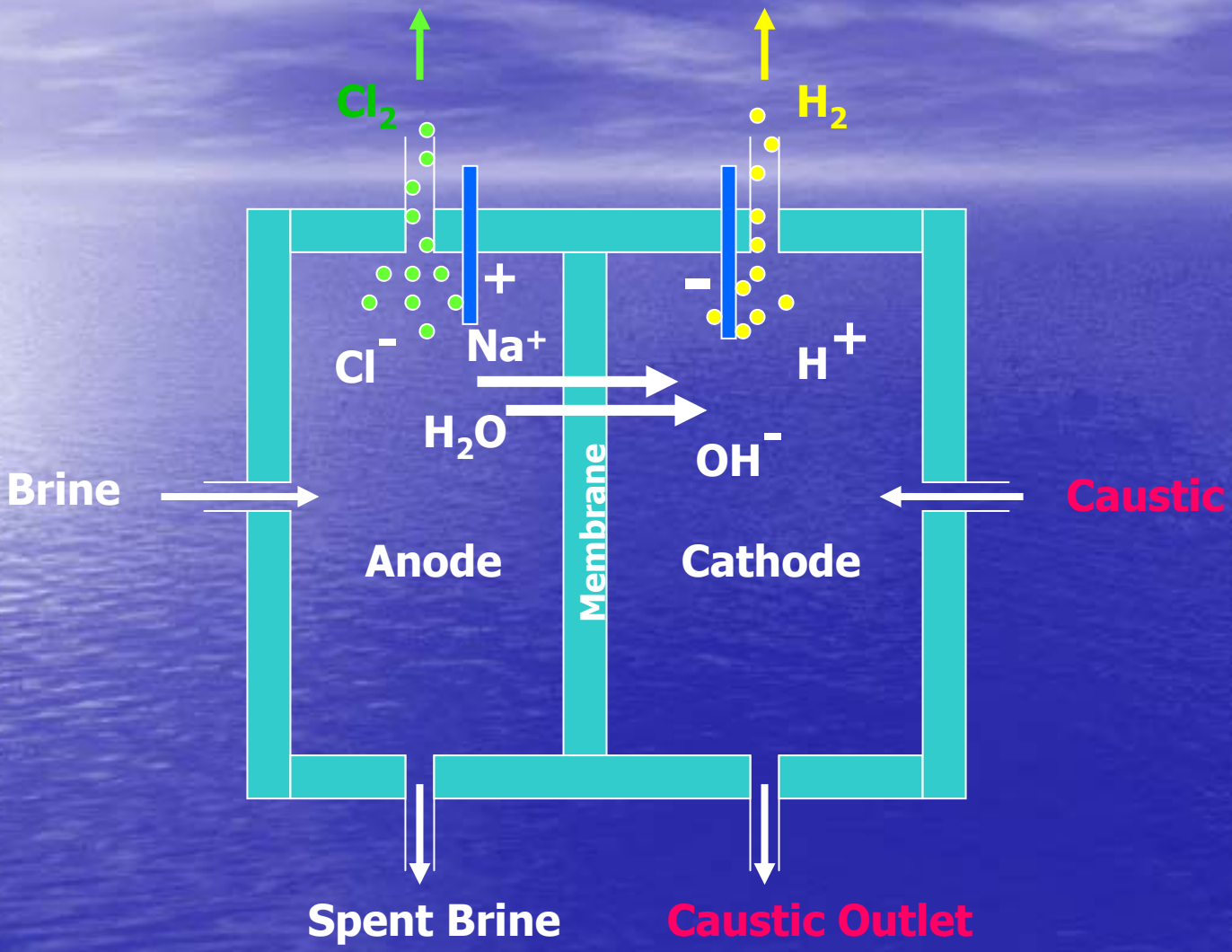
2. Diaphragm Electrolytic Cell

Caustic 10-12 %

3. Membrane Electrolytic Cell

Caustic 30-40 %

Membrane Electrolytic Cell



Membrane Electrolytic Cell Process

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

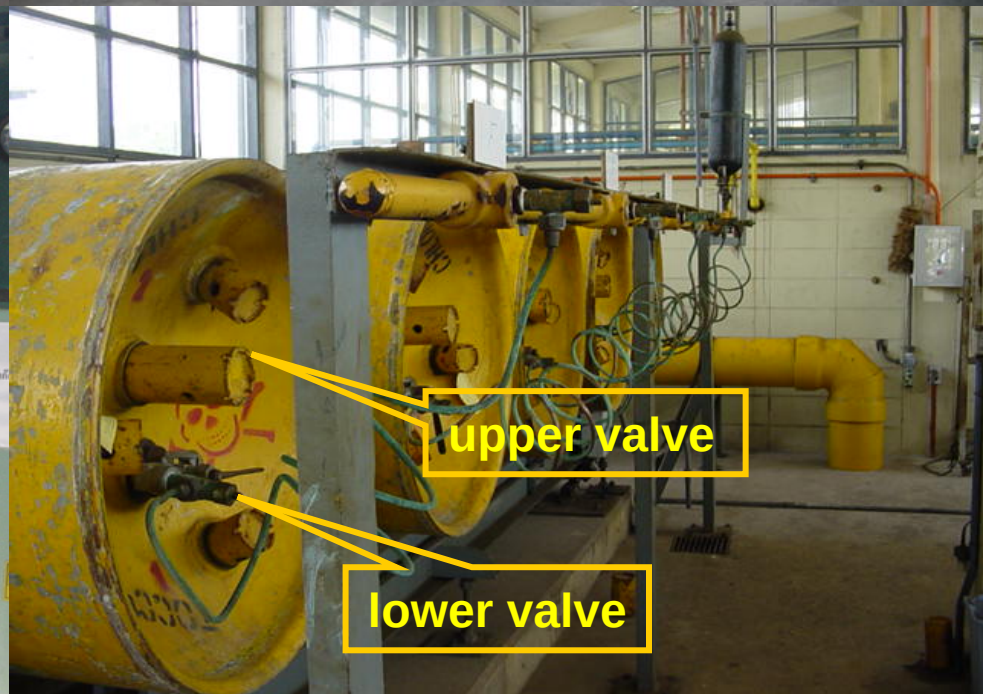
ขนาดบรรจุ

- 1 Ton Container
- 100 kg. Cylinder

การจ่ายคลอรีนก๊าซ

- Gas phase
- Liquid Chlorine (Evaporator employed)

DANGER


upper valve
lower valve

NO11
INSTALL
MAY1999

คุณสมบัติของคลอรีน

- Gas phase yellowish green , Liquid Opal
- bp - 34.6 °C
- mp - 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

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + HCl$$

$$HOCl \Leftrightarrow H^+ + OCl^-$$

คลอรีนในรูป Cl_2 HOCl OCl^- เรียกว่า Free Residual Chlorine

ปฏิกิริยากับแอมโมเนีย

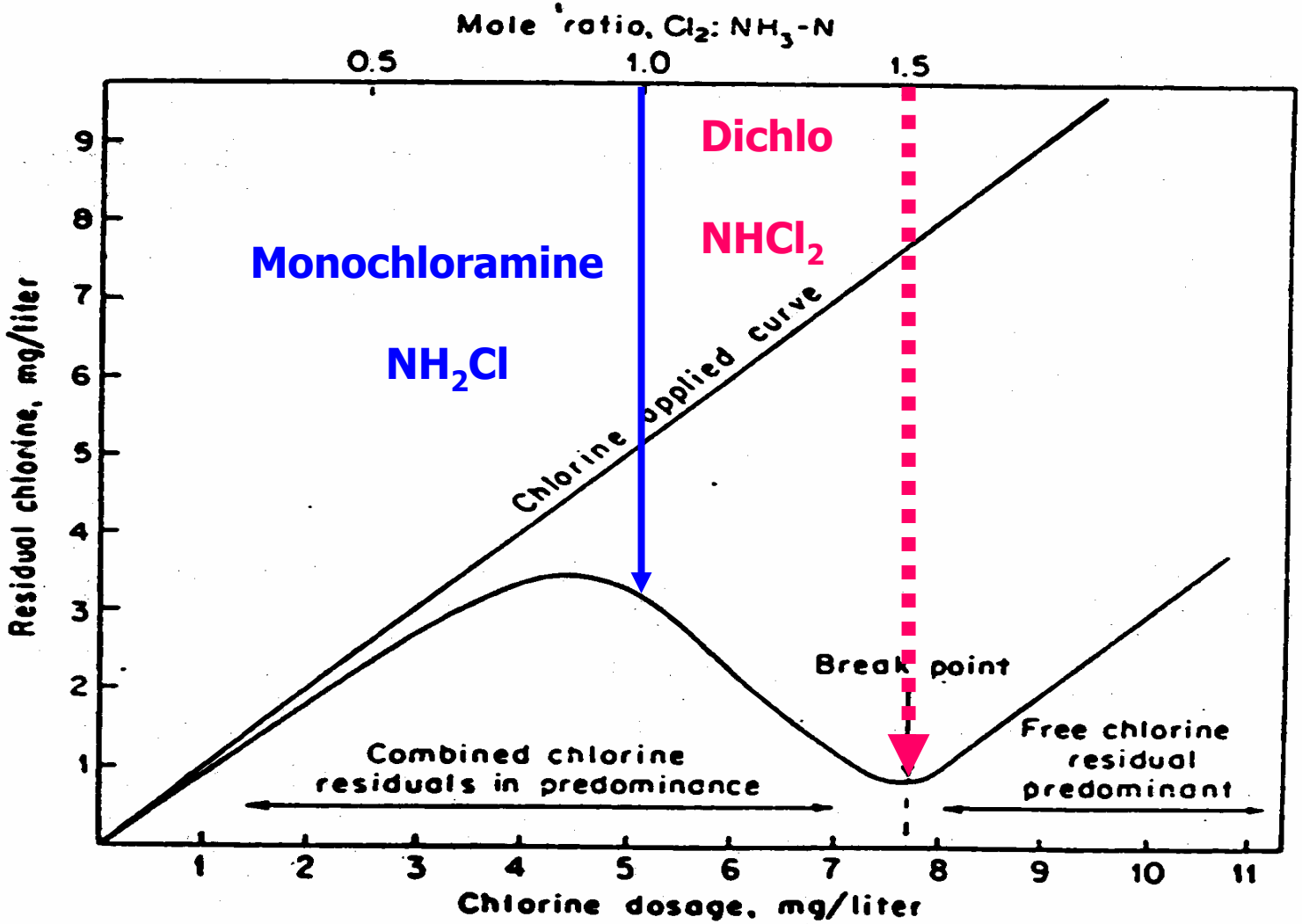
$$NH_3 + HOCl \longrightarrow NH_2Cl + H_2O$$ Monochloramine

$$NH_2Cl + HOCl \longrightarrow NHCl_2 + H_2O$$ Dichloramine

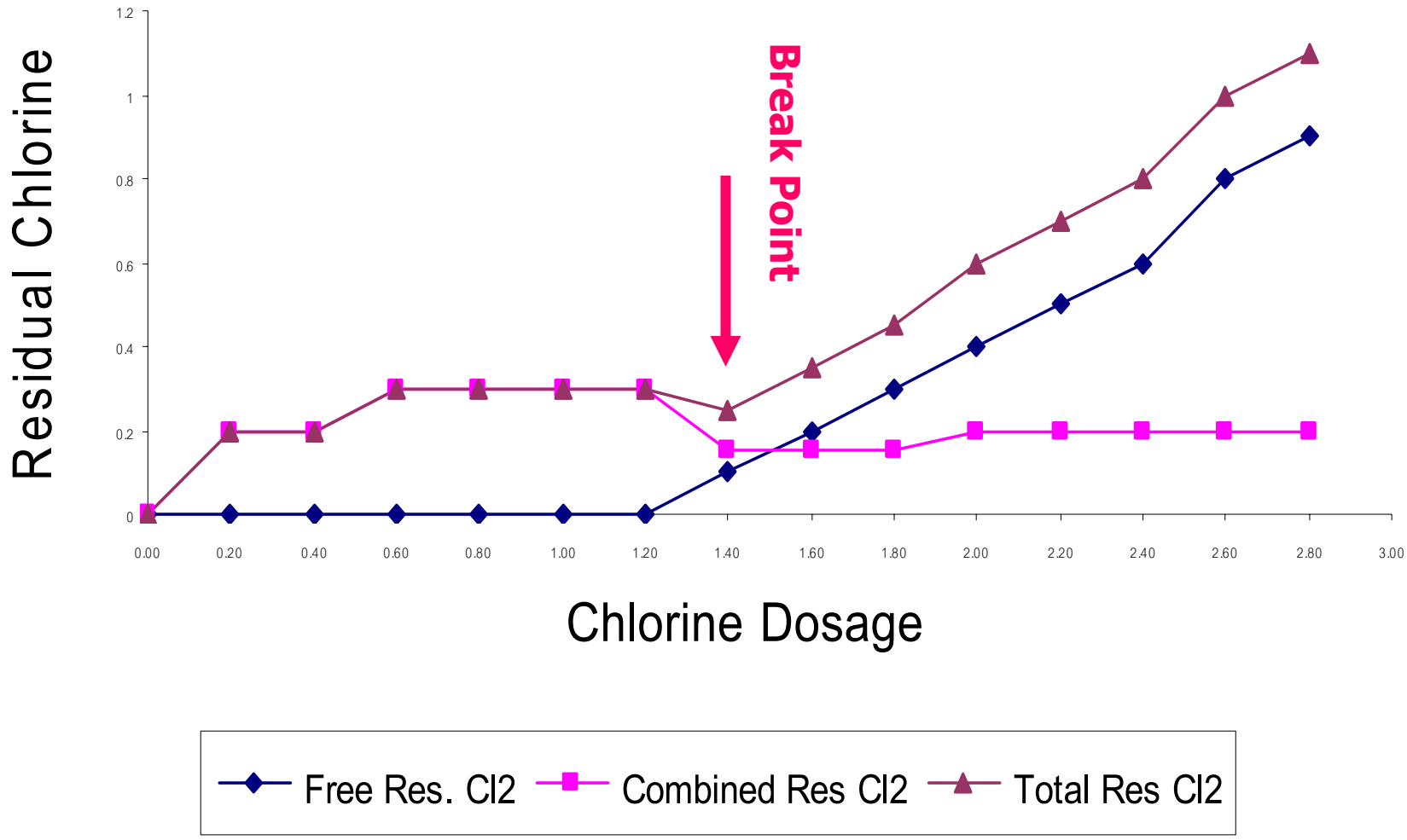
$$NHCl_2 + HOCl \longrightarrow NCl_3 + H_2O$$ Trichloramine

Mono Di Tri Chroramine เรียกว่า Combined Res Chlorine

Effect of NH_3-N on Cl_2 effectiveness(NH_3-N content of water 1 mg/L)



Chlorine Demand of water at Bangkhen water treatment plant



ประสิทธิภาพของคลอรีนในรูปต่างๆ

Type	Chemical Abb	Estimated Effectiveness Compared to HOCl
Hypochlorous acid	HOCl	1
Hypochlorite ion	OCl^-	1/100
Trichloramine	NCl_3	No estimate
Dichloramine	$NHCl_2$	1/80
Monochroramine	$NHCl_3$	1/150

คลอรีนในรูปอื่นๆ

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

M.W. 74.5

pH : >11

S.G. 1.08 - 1.26

Calcium Hypochlorite [$Ca(OCl)_2$]

Product Identification

Product Name : Calcium Hypochlorite 65 – 71 %

Synonyms : Cal Hypo Granules , Calcium Hypochlorite Granular

Formula : $Ca(OCl)_2$

Family : Hypochlorite

Physical Data

Appearance : White

M.W. : 143

pH : Alkaline

Solubility : 217gm / L 27°C

Bulk Density : 65-67 lbs/cu.ft

ปฏิกิริยาของ Hypochlorite ในน้ำ

$NaOCl + H_2O \longrightarrow HOCl + NaOH$

$Ca(OCl)_2 + H_2O \longrightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2$

NaOCl

Ca(OCl)2

$\longrightarrow OCl^-$ pH ~ 11-12

$Cl_2 \longrightarrow Cl_2$, HOCl pH ~ 2-3

Electro-chlorination

กระบวนการทางไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนน้ำเกลือ(NaCl)

เป็น sodium hypochlorite (NaOCl) หรือ chlorine

ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี

$2NaCl + 2H_2O + Electricity \longrightarrow 2NaOH + Cl_2 + H_2$

$2\ NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaOCl + NaCl + H_2O$

Net Equation

$NaCl + H_2O + Electricity \longrightarrow NaOCl + H_2$

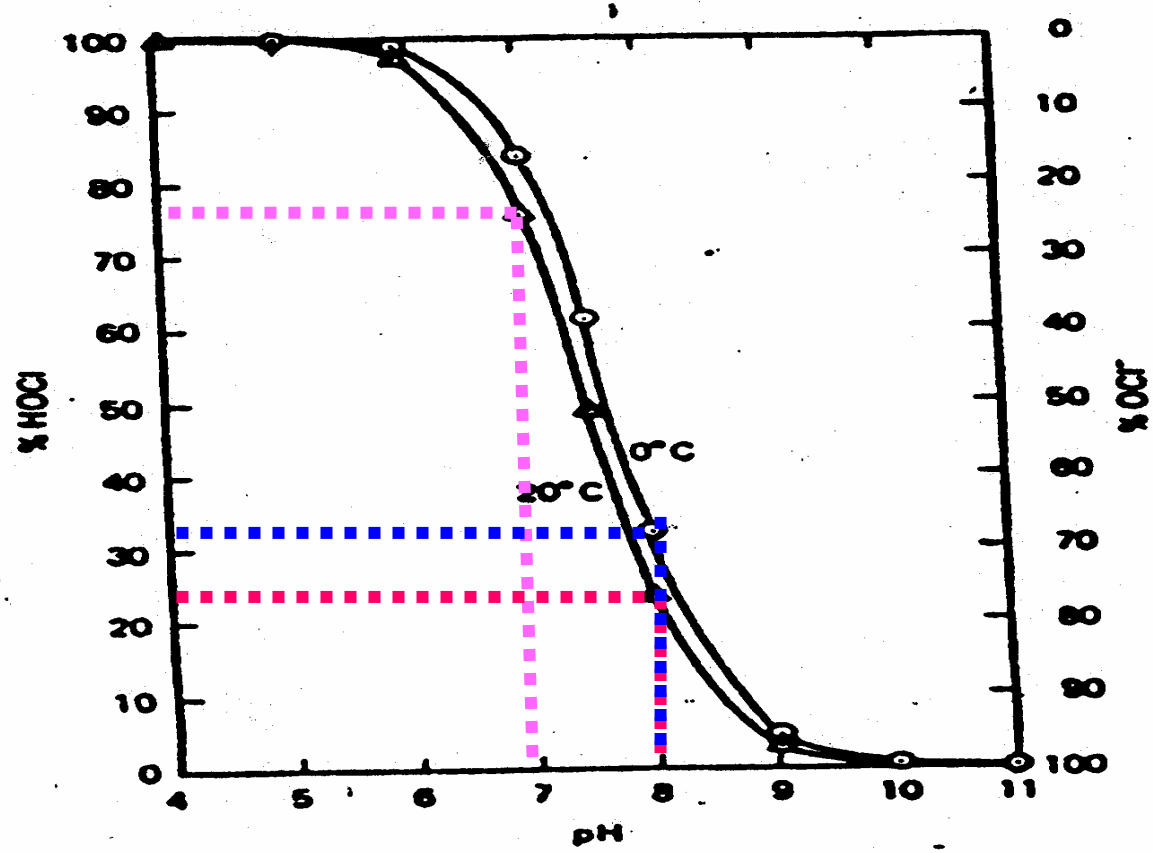
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติมคลอรีน

1. pH

2. Temperature

3. NH_3 and Organics substances

Effect of pH & Temp on Cl_2 effectiveness

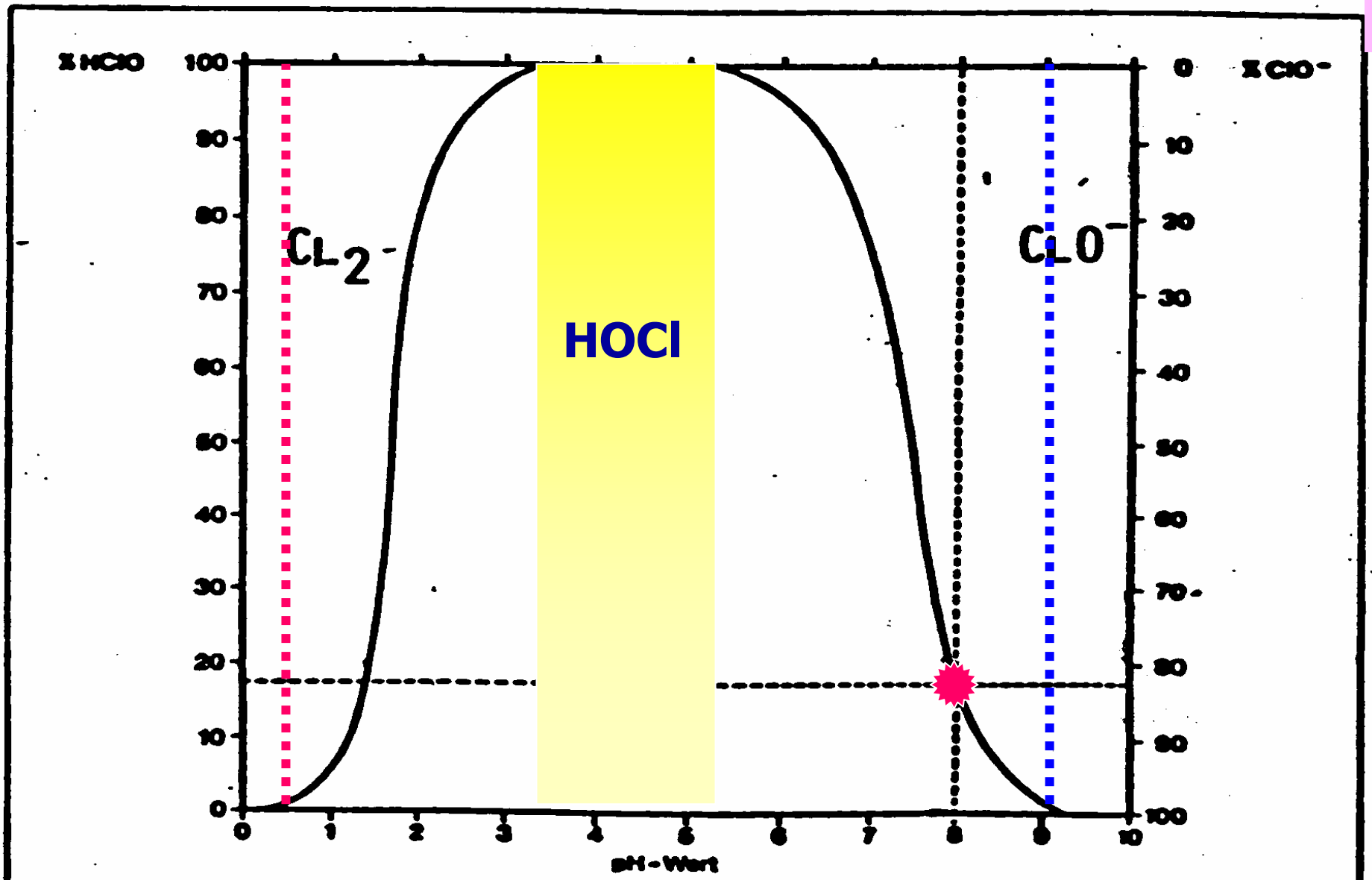


The following is a tabulation from the above graph at 20 degrees C.

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	50.8	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)



ข้อดีข้อด้อยของคลอรีน

ข้อดี	ข้อด้อย
ราคาถูก	มีกลิ่นฉุน
หาซื้อได้ง่าย	ทำปฏิกิริยากับ phenol ให้สาร chloro-phenol
วิธีการใช้งานสะดวก	ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์จะทำให้เกิดสาร THMs และ HAA5
มีให้เลือกหลายรูปแบบ	ในกรณีที่ใช้คลอรีนก๊าซต้องมีระบบความปลอดภัยที่ดี

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	Free Res Chlorine
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

การจ่ายคลอรีน

Disinfectants

DANGER
1 TON Container

Expansion Chamber
Manifold
upper valve
lower valve

Disinfectants

Liquid Chlorine

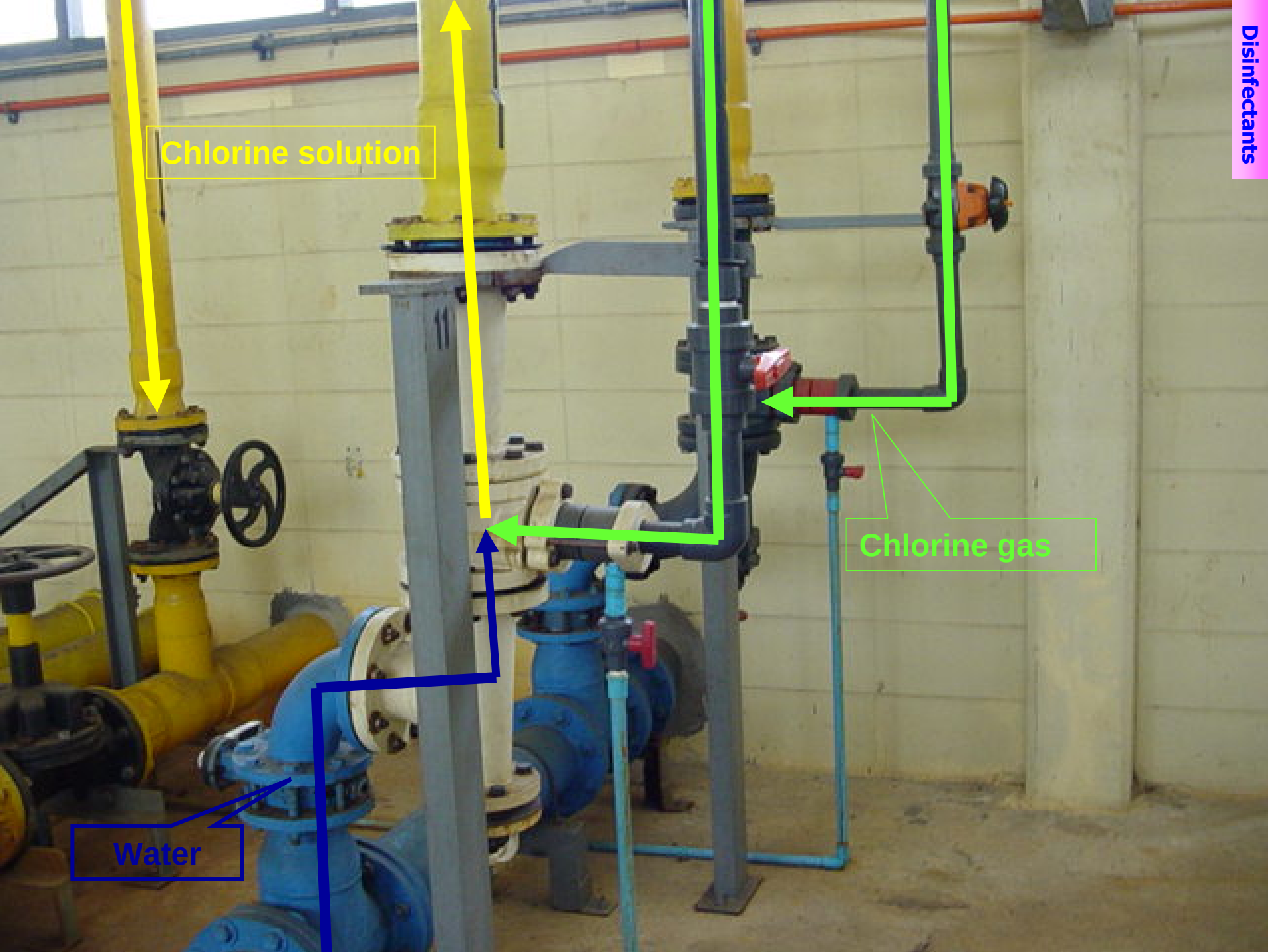
Liquid Chlorine

Disinfectants

Chlorine Gas
Evaporator

N011
N012
Chlorinator
Scale kg / h

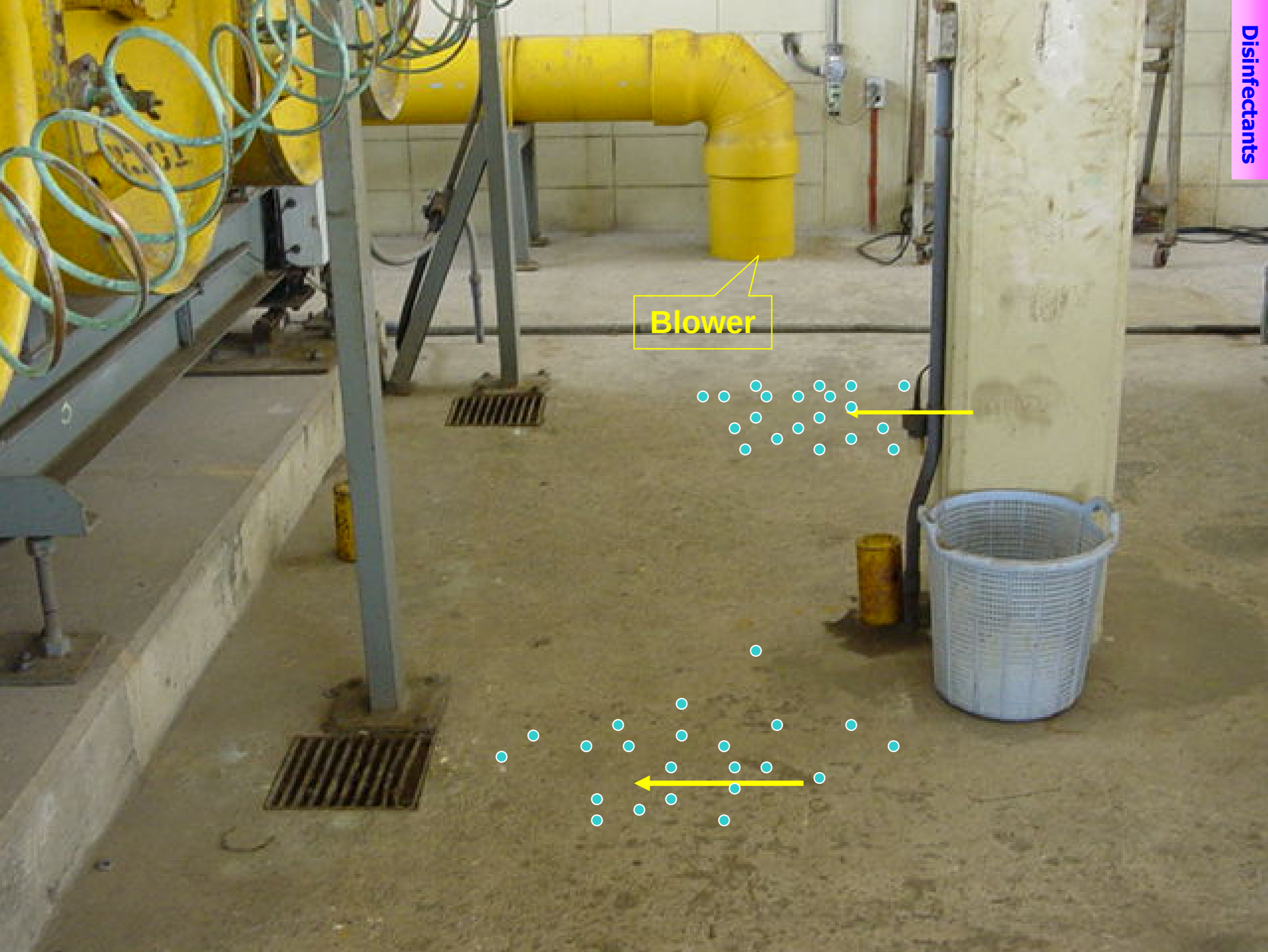
Disinfectants


Chlorine solution
Chlorine gas
Water

Chlorine solution

Disinfectants

Disinfectants


Blower

Disinfectants

Disinfectants

Disinfectants

Disinfectants

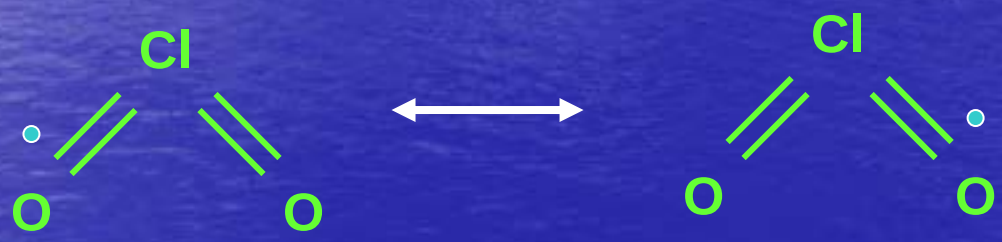
Alternative Disinfection

Chlorine Dioxide

ประวัติ

- ต้น ค.ศ. 1800 Sir Humphrey Davy เป็นผู้พบ จากปฏิกิริยาระหว่างโปแตสเซียมคลอเรตกับกรดกำมะถัน

สูตรโครงสร้าง



สี

Gas เขียวเหลือง – แดงเหลือง

Liquid เขียวเหลือง

Solid แดงเหลือง

กลิ่น

ฉุนเหมือนคลอรีน

สามารถได้กลิ่นที่ความเข้มข้นในอากาศ 0.1 ppm

สมบัติทางฟิสิกส์

- น้ำหนักโมเลกุล 67.45
- จุดหลอมเหลว -59 ºC
- จุดเดือด +11º C
- หนักกว่าอากาศ 2.4 เท่า
- ละลายน้ำได้ดีกว่าคลอรีน (1% solution)

สมบัติทางเคมี

- 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

II Chlorate Based

III Others

1. Acid : Chlorite Solution*

$$5\ NaClO_2 + 4\ HCl \longrightarrow 4ClO_2 + 5\ NaCl + 2\ H_2O$$

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

Manufacturer :	Drew Industrial	USA
	Wallace & Tierman	USA
	Capital Control	USA
	CIFEC	France

3. Chlorine Gas : Vaporized Chlorite Solution

$$2\ NaClO_2 + Cl_2 \longrightarrow 2\ ClO_2 + 2\ NaCl$$

Manufacturer : Vulcan Chemical Tech. USA

4. Chlorite : Hypochlorite : Acid *
(Three Component Process)

$$2\ NaClO_2 + NaOCl + 2\ HCl \longrightarrow 2\ ClO_2 + 3\ NaCl + H_2O$$

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

Rosenblatt and Co-workers

Manufacturer : CDG Tech. USA

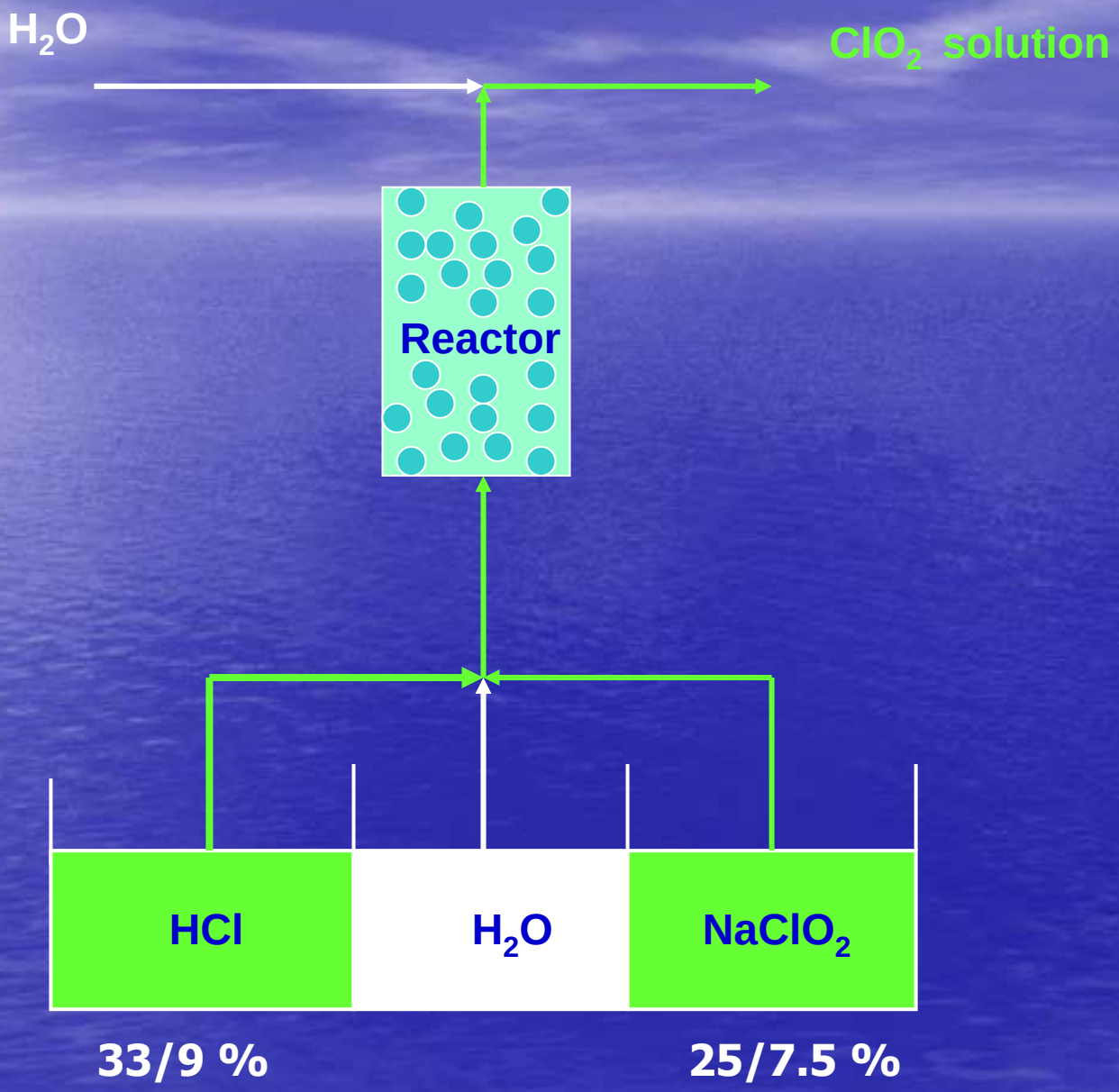
$$5NaClO_2 + 4HCl \longrightarrow 4ClO_2 + 5NaCl + 2H_2O$$

1.676 g. 0.54 g. 1 g. 1.08 g. 0.133 g.

$HCl : NaClO_2 = 0.54 : 1.676 = 0.3$

Actual Condition 1.2

Schematic of ClO_2 Production



ปฏิกิริยาของ ClO_2 ในน้ำ

$$_2ClO_2 + H_2O \rightleftharpoons HClO_2 + HClO_3$$

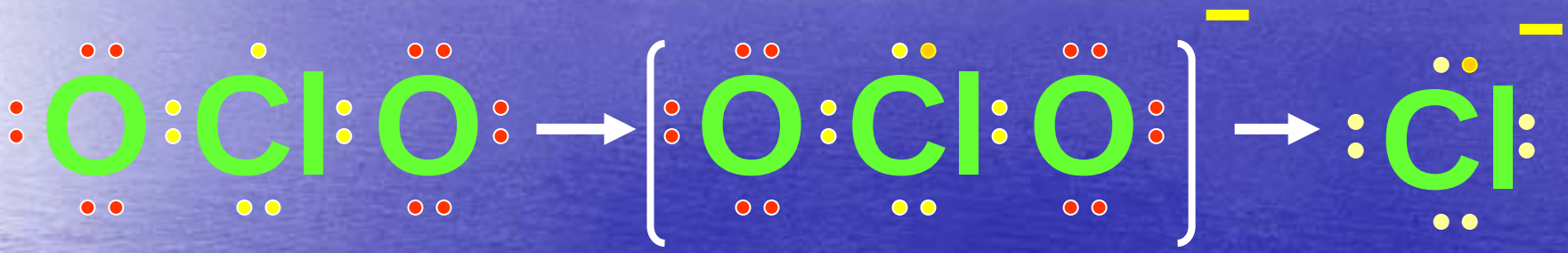
$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + HCl$$

$$ClO_2 + e^- \longrightarrow ClO_2^-$$

$$ClO_2^- + 4e^- + 4H^+ \longrightarrow Cl^- + 2H_2O$$

การเปลี่ยนแปลง Oxidation State

Unstable stable stable



ClO_2 ClO_2^- Cl^-

Oxidation Potential and Capacity

Name	formula	Oxidation Potential (volts)	Oxidation Capacity (e^- Transfer)
Chlorine	Cl_2	1.33	$2e^-$
Chlorine dioxide	ClO_2	0.95,1.51	e^- , $5e^-$

ปริมาณคลอรีนเทียบเท่าใน ClO_2

$$Cl^{+4}O_2 + 5e \longrightarrow Cl^{-1}$$

Chlorine in Chlorine Dioxide in weight = 35.5*100/67.5

= 52.6 percent

Equivalent available chlorine = 52.6*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 ของแบคทีเรียดีกว่าคลอรีน

Sporicidal Activity

Disinfectant	Dose (mg/L)	
	pH 5	pH 8
Chlorine	2.6	5.0
Chlorine Dioxide	2.7	2.7
PAA	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

ClO_2 VS Cl_2

Protozoa	C . t value (mg.min/l) สารเคมีฆ่าเชื้อโรค pH 6-7		หมายเหตุ
	ClO_2	Cl_2	
Giardia lambia (cyst)	26	47 - >150	99.9% , 99%
Cryptosporidium parvum (oocyst)	78	7200	90%

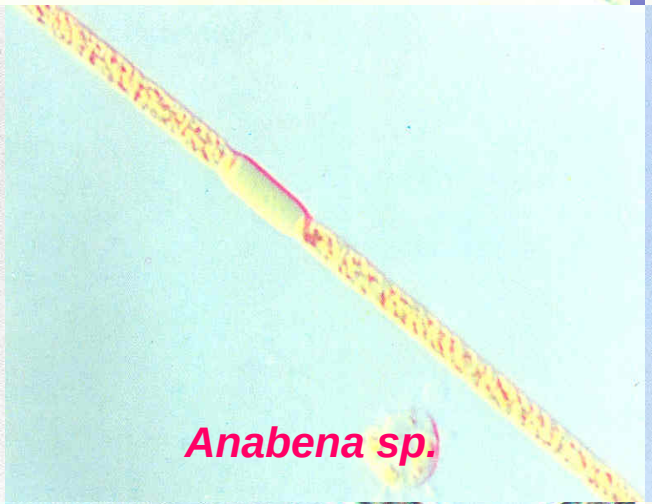
- กำจัดกลิ่นในน้ำซึ่งเกิดจากสาร Geosamin และ 2-MIB ที่สร้างโดยสาหร่าย

Oscillatoria limnetica

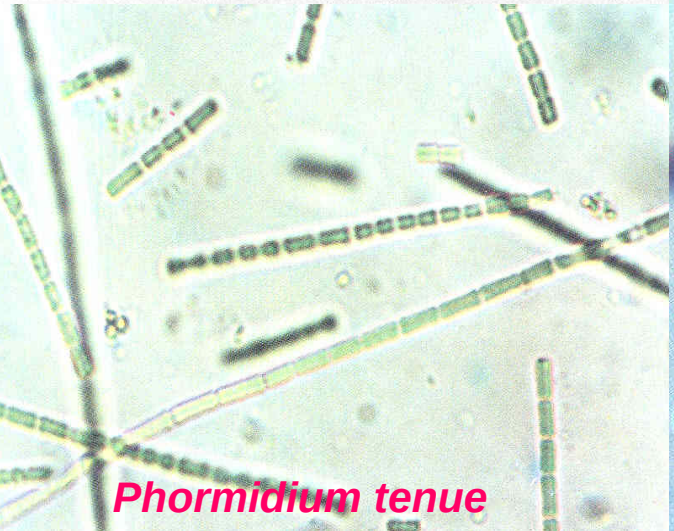
Oscillatoria amoena

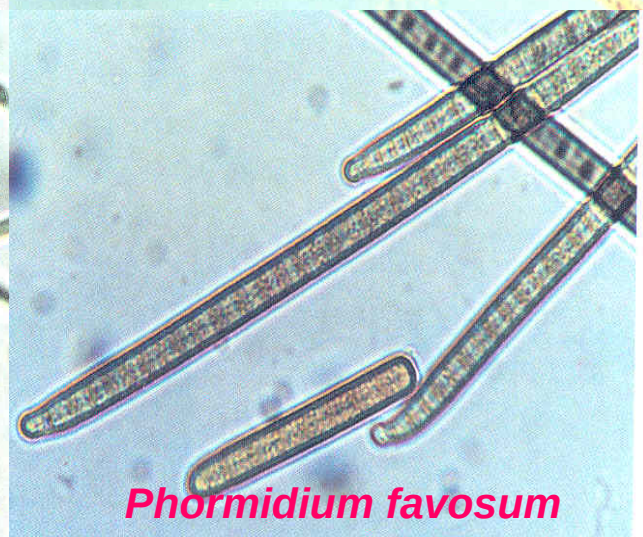
Oscillatoria agardhii

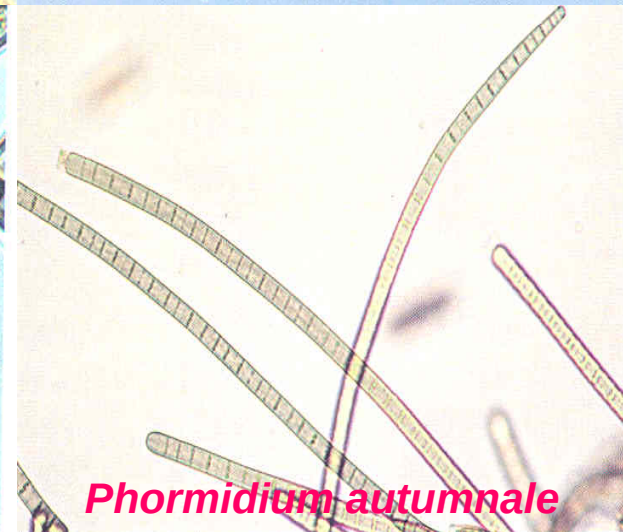
Anabena sp.


Anabena sp.

Anabena macrospora


Phormidium tenue


Phormidium favosum

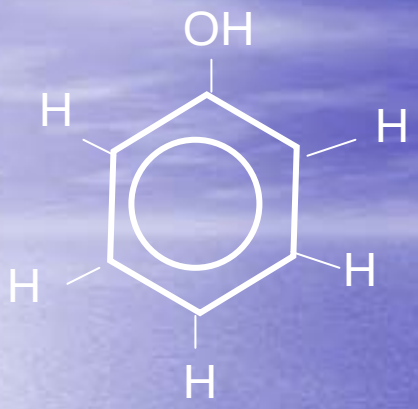

Phormidium autumnale

- ไม่ทำปฏิกิริยากับสาร Phenol ทำให้ไม่เกิด chlorophenol ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำ

Chlorination Reaction

Phenol

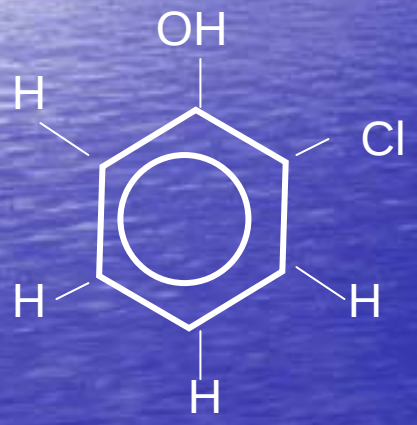
2- Chlorophenol



Phenol

Oxidation Reaction

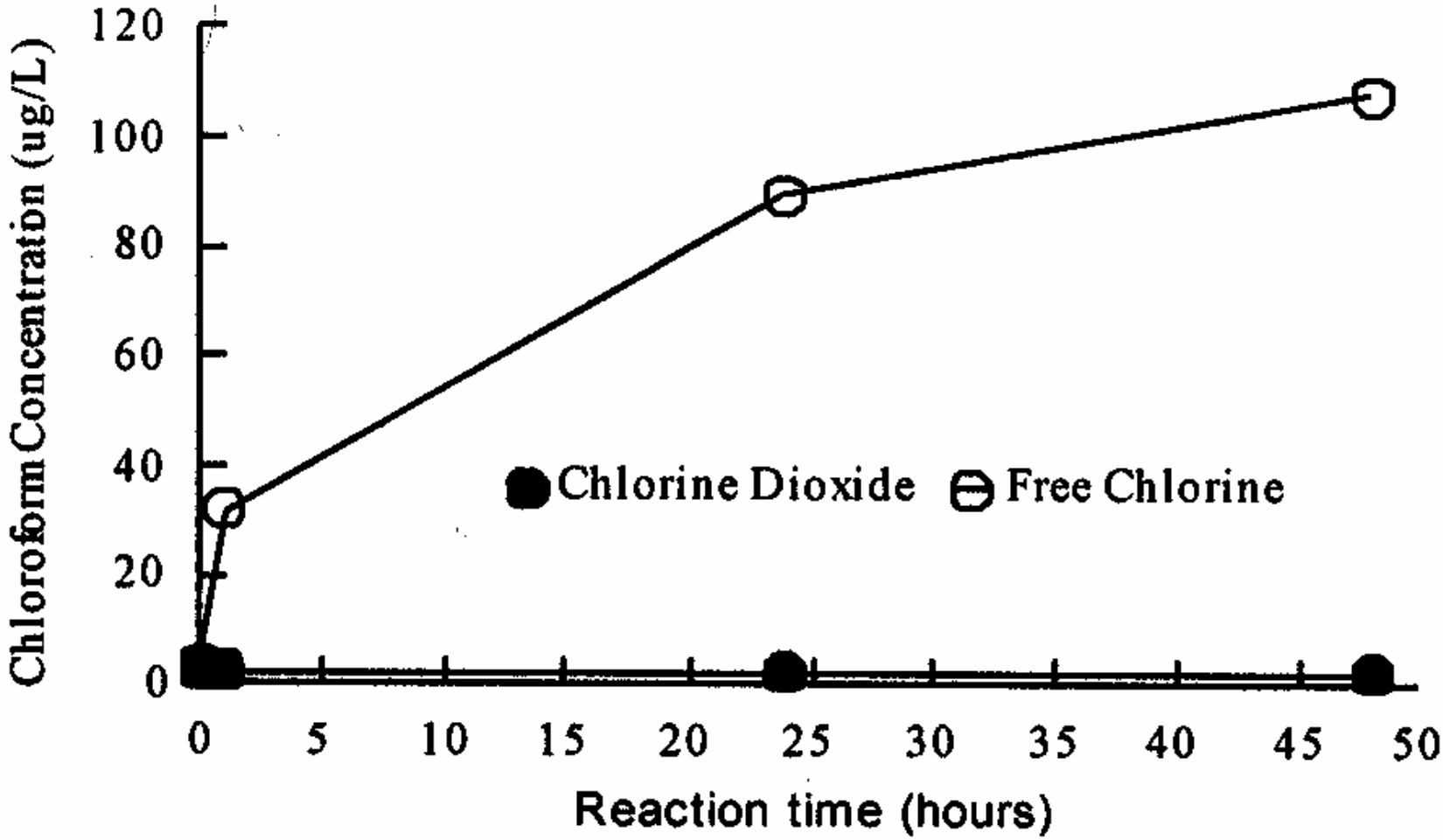
$$\text{Phenol} + ClO_2 \longrightarrow \text{Carboxylic acid} + CO_2 + \ldots\ldots$$



2- Chlorophenol

- ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทำให้ไม่เกิดสาร **THMs** และ **HAA5**

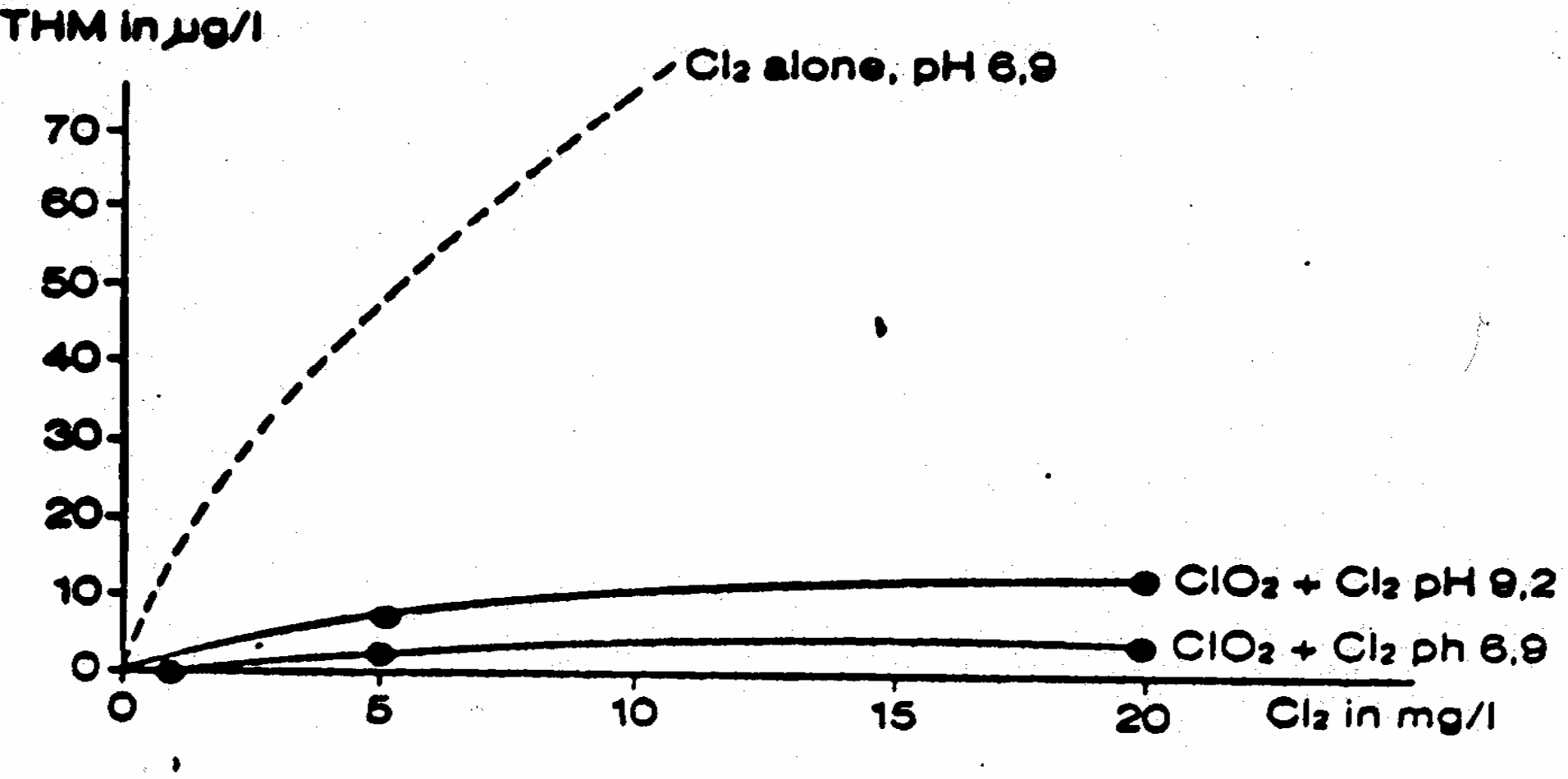
ure. 1 Chloroform production in water containing g humic acid dosed with chlorine dioxide or free chlorine



- ลดสารอินทรีย์ในน้ำที่เป็นสารตั้งต้นของ THMs และ HAA5

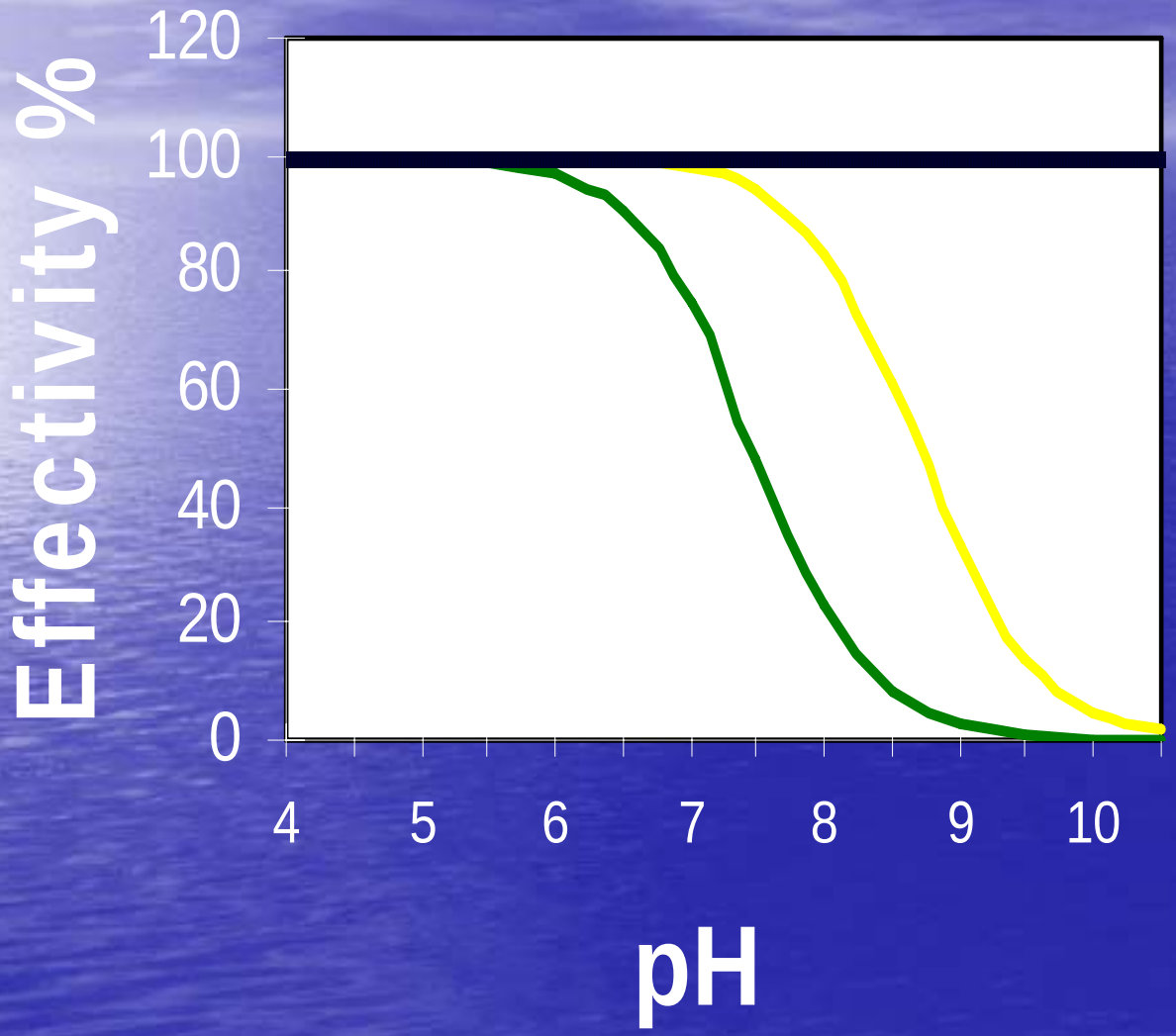
Pre-reaction with 20mg/l ClO_2 on 20 mg/l humic acids(4 h. contact time)

(Data of Brauch)



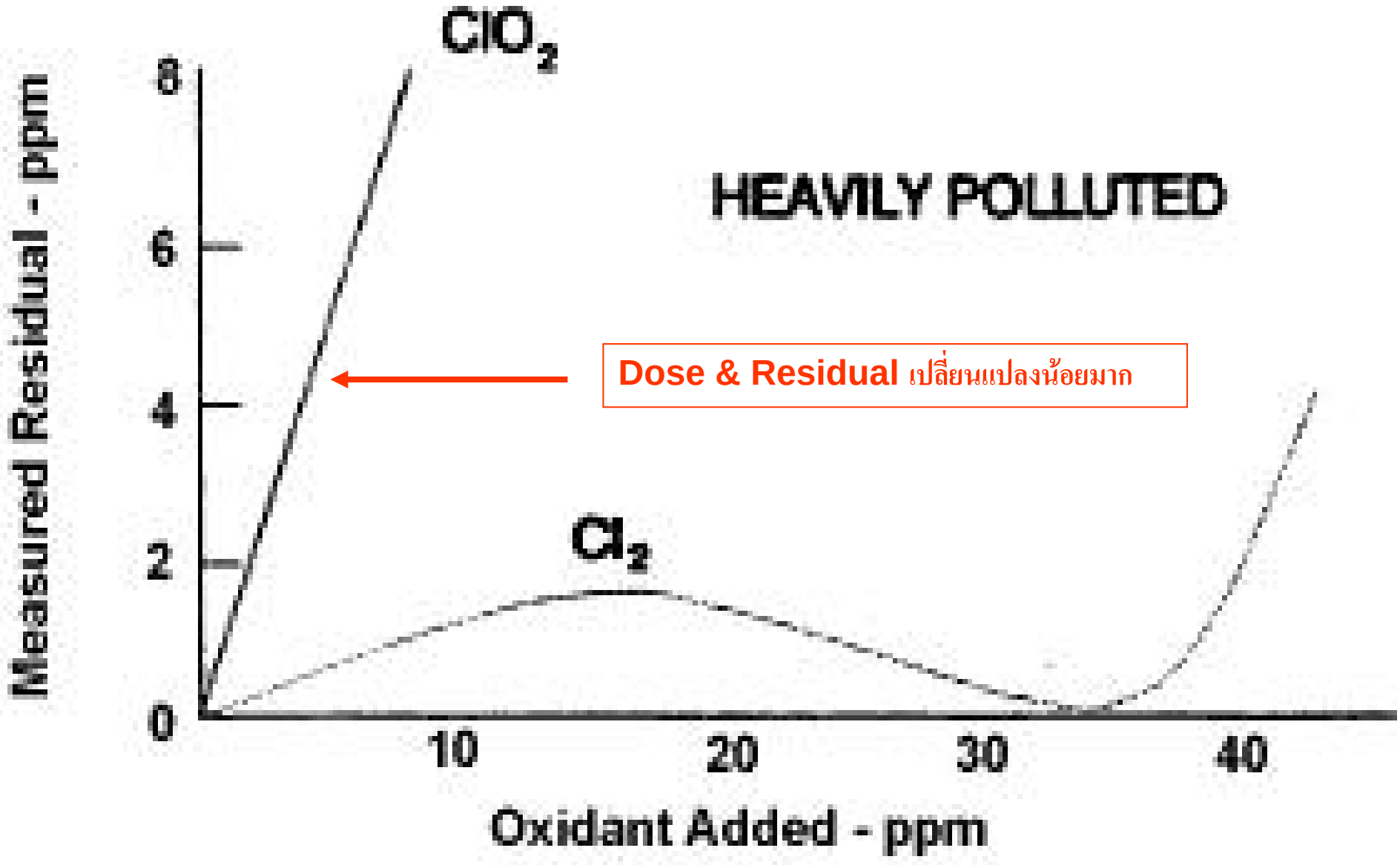
- ทำงานได้ดีในช่วง pH ที่กว้าง

pH Vs effectivity Plot



- มีความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อโรคสูง

SELECTIVITY OF Cl_2 vs ClO_2



- กำจัด biofilm ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

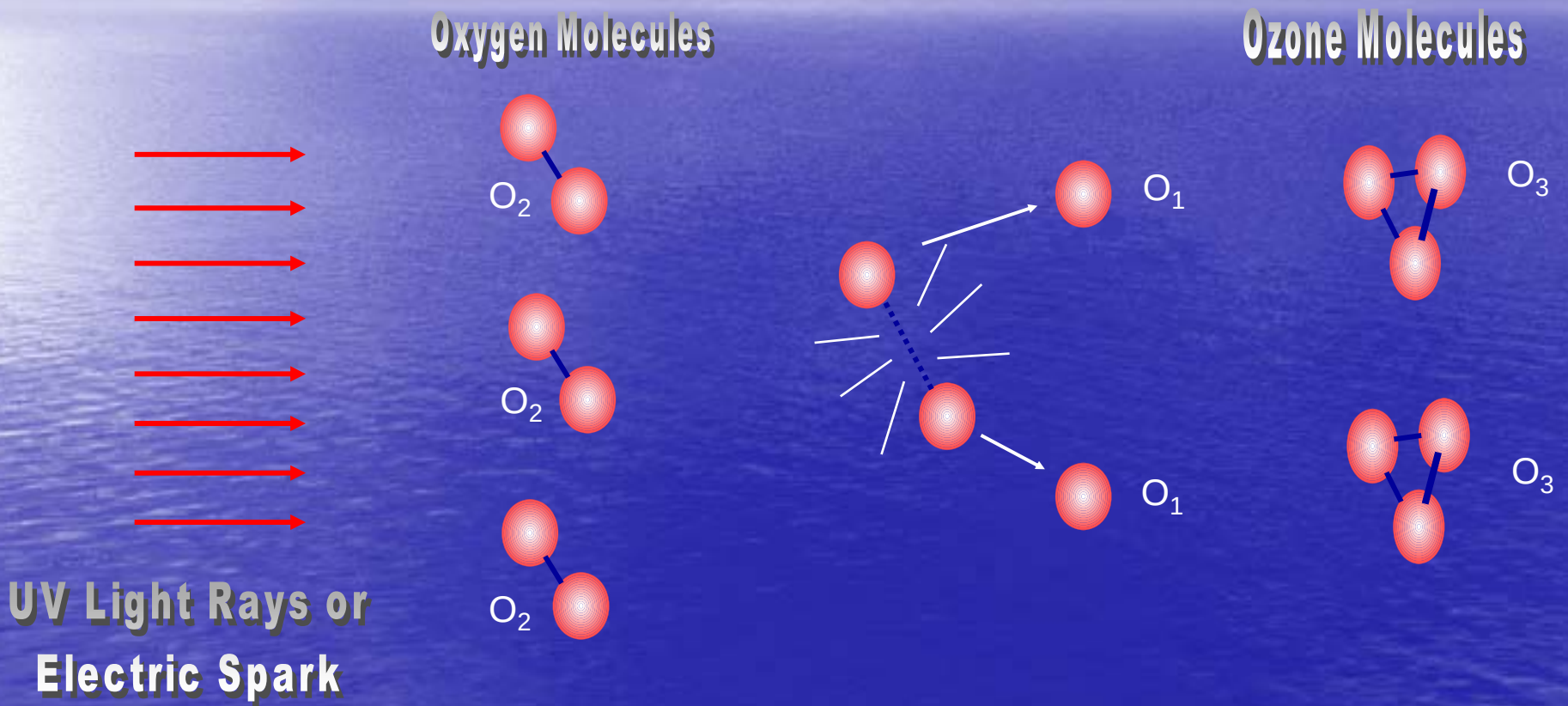
Ozone (O_3)

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.

What is *Ozone*?



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

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

0.3 ppm. ในอากาศ 15 นาที

การผลิตโอโซน

1. ใช้แสง UV

2. ไฟฟ้าแรงดันสูง

กระบวนการผลิตโอโซน

ผ่านอากาศหรือออกซิเจนแห้งเข้าไปในสนามไฟฟ้า

ความต่างศักดิ์ 4,000 – 30,000 V

Ozone formation equation

$$\tfrac{1}{2}\, O_2 \ (+\ 59.1\ \text{Kcal}) \longrightarrow O$$

$$O + O_2 \ (-24.6\ \text{Kcal}) \longrightarrow O_3$$

Net Equation $3/2\ O_2\ (+\ 34.5\ \text{Kcal}) \longrightarrow O_3\ (48\ \text{g})$

1 Kcal = 4.2 KJ

34.5 Kcal = 4.2 x 34.5 KJ

KWh = 3,600 KJ

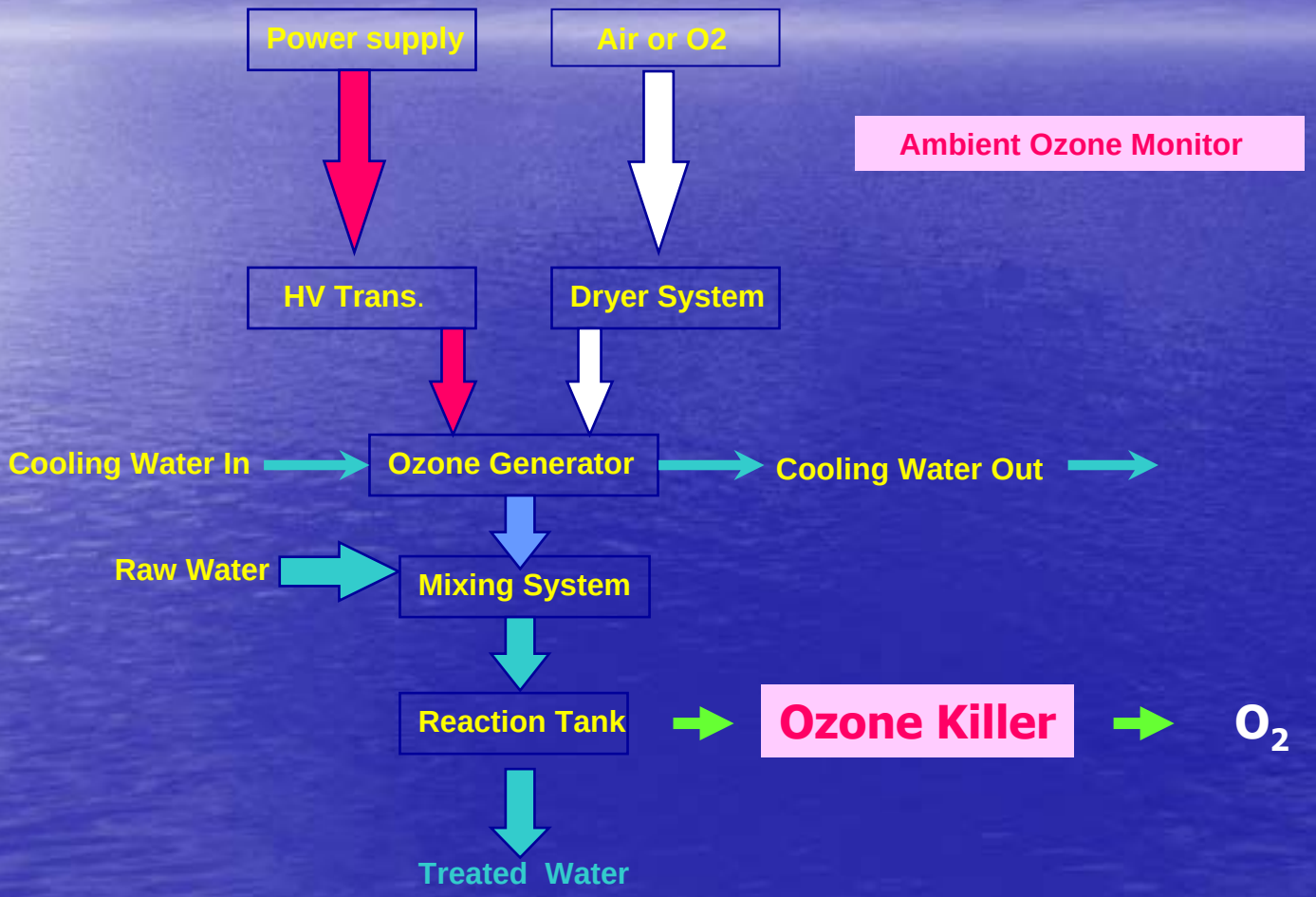
4.2 x 34.5 = 4.2 x 34.5 / 3600

48 g = 0.04 KWh

Actual = 20 *0.04 = 0.8 KWh

0.05 ฿ / gm

Flow Sheet of an Ozonation System



การละลายน้ำของโอโซน

Henry 's Law

$$Y = HX$$

Y = ความเข้มข้นของก๊าซเหนือของเหลว (mg/L air)

X = ความเข้มข้นของก๊าซในของเหลว (mg/L liquid)

H = constant (varies with Temp.)

เปรียบเทียบการละลายน้ำของ O_2 & O_3

Temp. °C	H	Y mg O_2/ l air	X mg O_2/ l H_2O	H	Y mg O_3/ l air	X mg O_3/ l H_2O
0	20.4	299	14.6	1.56	12.9	8.3
10	25.4	289	11.4	1.86	12.5	6.7
20	29.9	279	9.3	2.59	13.1	4.7
30	34.2	270	7.9	3.80	11.7	3.1

Ozone Dose

Applied Ozone Dose

$$D = Y_1 (Q_G / Q_L)$$

D = Applied Dose

Y_1 = mg O_3 / L inlet gas,air

Q_G= gas, air flow rate , L / min

Q_L = liquid flow rate , L / min

Absorbed Ozone Dose

$$T = (Y_1 - Y_2) (Q_G / Q_L)$$

T = Absorbed Dose

Y_1 = mg O_3 / L inlet gas,air

Y_2 = mg / L O_3 exhausted gas

Q_G = gas, air flow rate , L / min

Q_L = liquid flow rate , L / min

ปฏิกิริยาของโอโซนในน้ำ

$$O_3 + H_2O \longrightarrow HO_3^+ + OH^-$$

$$HO_3^+ + OH^- \longrightarrow 2\,HO_2$$

$$O_3 + HO_2 \longrightarrow HO + 2O_2$$

$$HO + HO_2 \longrightarrow H_2O + O_2$$

ความเข้มข้นและเวลาสัมผัส

จุลินทรีย์	C*t มก.-นาที/ลิตร
Coliforms / E.coli	0.9 (0.3 , 3)
Virus	1
Giardia lambia	1.43
Cryptosporidium sp.	5 - 10

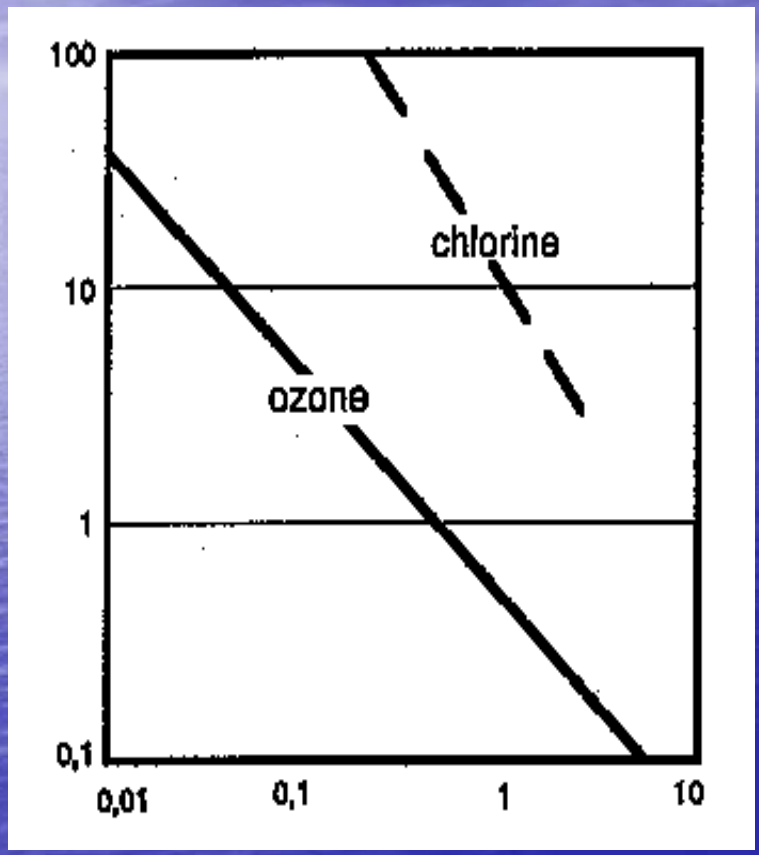
Advantage and Drawback of O_3

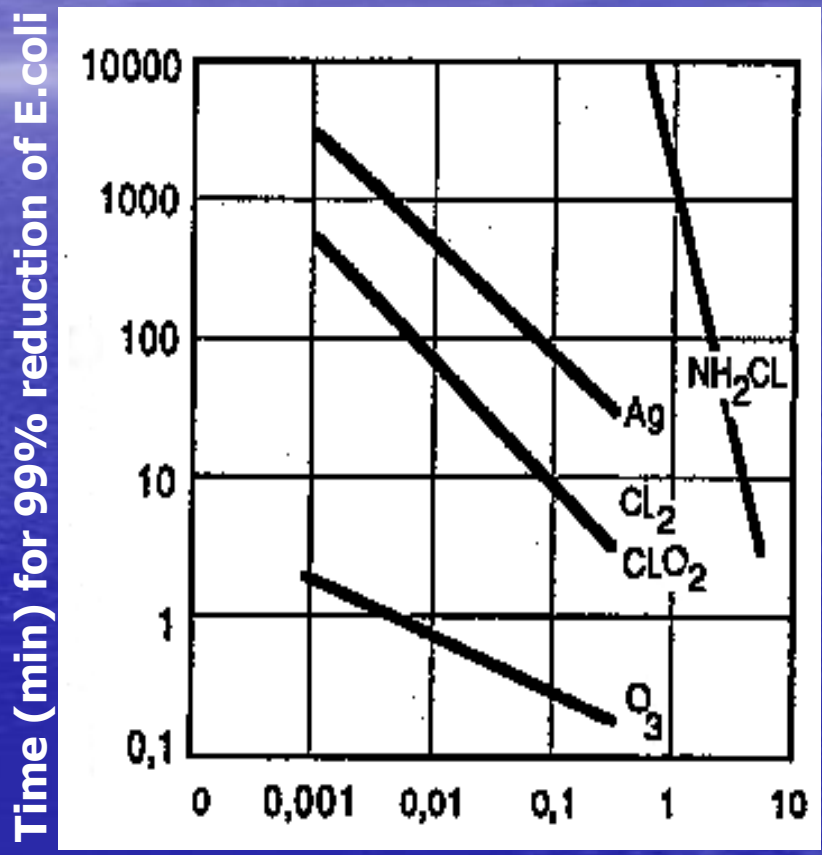
Advantage	Drawback
No cost for raw material (air)	High capital cost
Strong oxidant	High energy consumption
Effectively remove Taste & Odor.	Rapidly decompose No residual in water
No THMs. formation	

Biocidal Efficiency & Stability of Disinfectant (Hoff and Geldreich)

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

1 = Best





Ozone Concentration (mg/L)

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	$5e^-$

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
HAAs		aldehydes

ค่าแนะนำสำหรับสาร Disinfection by-product หน่วยงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (USEPA:stage1)

ชื่อสารเคมี	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

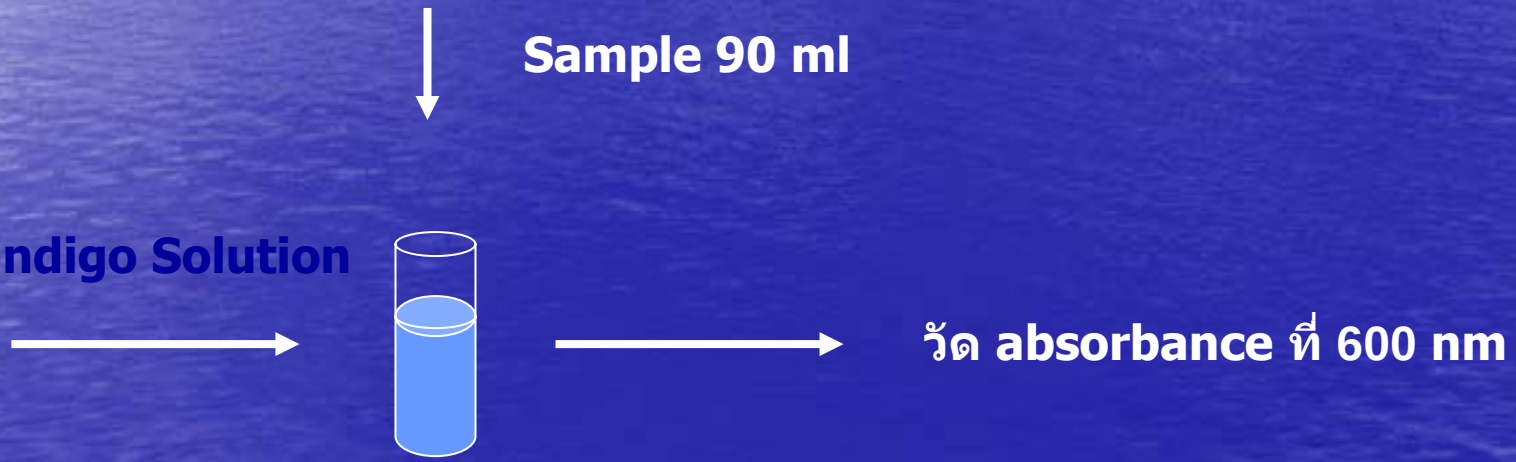
MCLs : Maximum Contaminant Levels

การวิเคราะห์ Ozone ในน้ำ

หลักการ : ในสภาพกรด ozone จะฟอกสี indigo ทำให้สีของ indigo จางลง

โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของ indigo ที่ความยาวคลื่น 600 ± 5 nm

Reagent : Indigo Reagent



Calculation

$$mg\ O_3 / L = \frac{100 \times \triangle A}{f \times b \times V}$$

$\triangle A$ = Diff in abs between sample and blank

b = Path length of cell (cm.)

V = Volume of sample (ml)

f = 0.42

Summary of Disinfection Properties

Condition	Chlorine	Ozone	Chlorine Dioxide
Produce THM with TOC	y	s	**n**
Produce oxidised organics	s	y	**s**
Produce halogenated organics	y	s	**n**
Produce inorganic byproducts	n	s	**y**
MRDL applies	y	n	**y**
Lime softening impacts	y	n	**n**
Turbidity impacts	n	s	**n**
Meet Virus > 99%	y	y	**y**
Meet *Giardia* > 99%	n	y	**y**
Meet *Crypto* > 99%	n	y	**n**

y = yes , n = no , s =sometimes

Comparison of Oxidizing Biocides in Light of The Criteria of an Ideal Biocide

Report Card

	HOCl	HOBr	ClO_2	O_3
PERFORMANE				
High pH	C	B	A	A
Kinetics	B	B	A	A
Selectivity	C	B	A	D
Biofilm	B	B	A	C
System Contamination	C	C	A	D
Bacterial Recovery	B	B	A	C
ENVIRONMENTAL				
THMs	C	C	B	A
TOX	C	C	B	A
Cumulative GPA	2.4	2.6	3.8	2.75

	HOCl	HOBr	ClO_2	O_3
SAFETY				
Easy to Use	B	B	C	B
Safe to Handle	B	B	C	B
ECONOMICS				
Clean System	A	B	B	C
Contaminated System	C	C	A	C
Cumulative GPA	2.6	2.8	3.3	2.7

Advanced Oxidation Processes (AO_XPs)

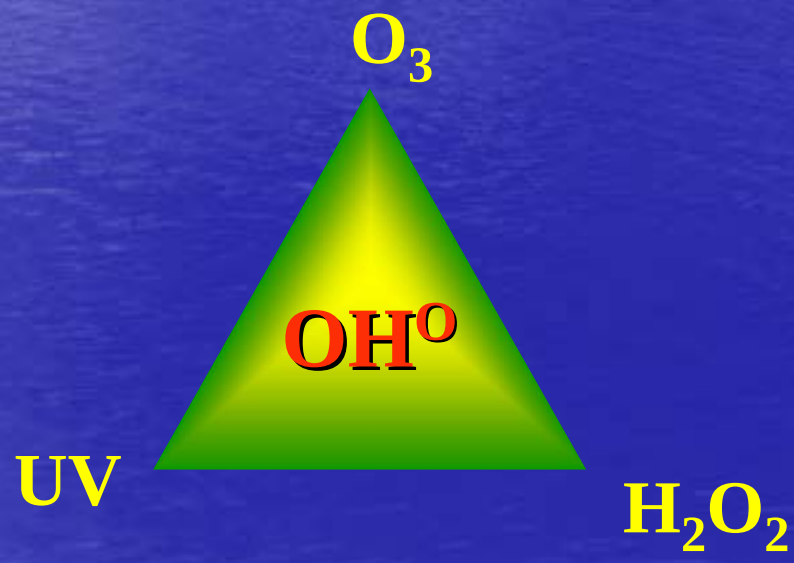
Definition : AO_XPs are defined as chemical processes accelerating the decomposition of the ozone molecule to yield enough of potent hydroxyl free radical to cause some specific improvement in the water treatment process train.

Example of Advanced Oxidation Processes

- Peroxone : $H_2O_2 + 2\ O_3 \longrightarrow 2\ HO + 3O_2$
- UV + Ozone
- Elevated pH + Ozone
- UV + Hydrogen peroxide

What is Catalytic Oxidation?

- A combination of multiple oxidants to form an hydroxyl radical OH^{O}.



How is the Hydroxyl Radical Formed?