

Save Life with Light

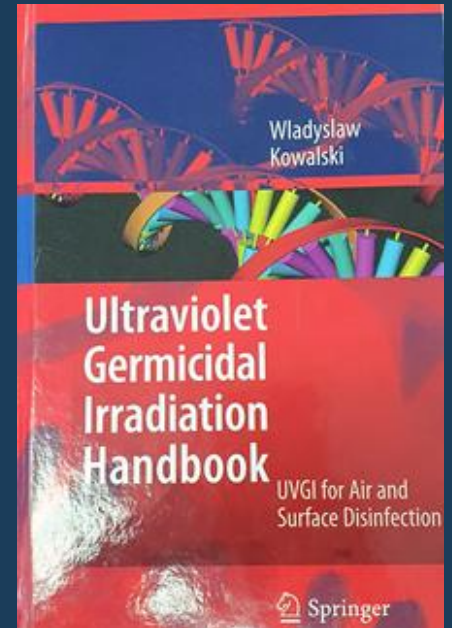
UVC 빛의 이해와 올바른 사용 법

교재: Ultraviolet Germicidal Irradiation
Handbook

- Wladyslaw Kowalski

2020.05.09 작성자: 박은현

www.share-light.org



목차안내

UV 개요
UV Overview

- 1) 빛의 스펙트럼
- 2) UV의 분류
- 3) UVC 연대기
- 4) UVC 단위와 용어

살균
Disinpection

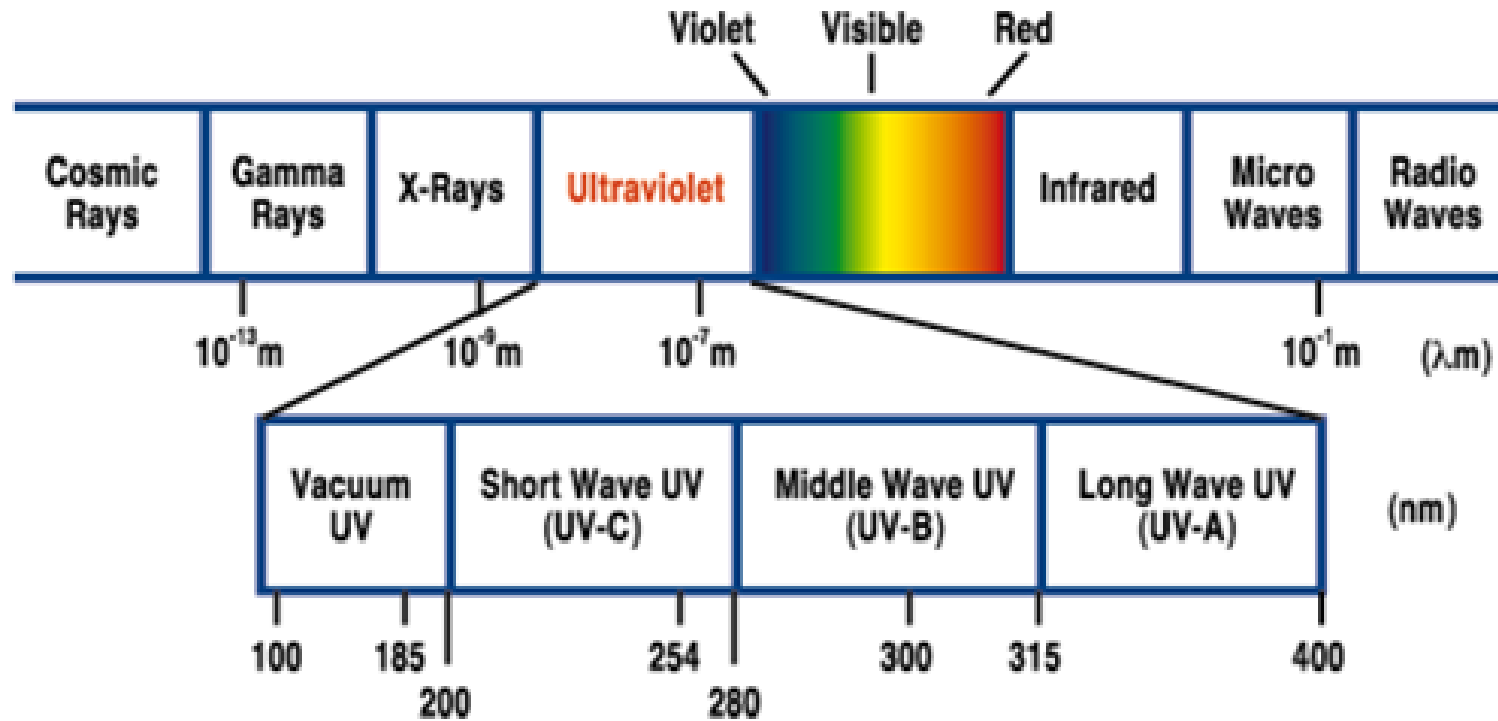
- 5) DNA와 RNA
- 6) DNA 구조
- 7) 살균 원리_1
- 8) 살균원리_2
- 9) 살균율_1
- 10) 살균율_2
- 11) 세균별 살균율

안전성
Safety

- 12) UVGI 안정성
- 13) 안전한 사용

01 Light Spectrum

파장에 따른 빛의 분류



02 Ultraviolet classification

자외선의 분류

Table 1.1 Primary bands of ultraviolet radiation

Band	Wavelength, nm	Type and classification		
UVA	320–400	Non-germicidal (Near-UV, Blacklight)		
UVB	280–320	Erythematous	Germicidal	Actinic
UVC	200–280	Ozone-producing		
VUV	100–200	Vacuum ultraviolet		

Germicidal : 세균을 줄이는

Erythematous : 붉은 반점을 생기게 하는

Vacuum : 진공

Actinic : 화학 작용이 있는

Photochemical : 광화학반응의

03 Ultraviolet Chronology

UV 연대기

교재 Table 1.2를 참조하세요

- 1672년 Resolve sunlight into red to UV with Prism (Isaac Newton)
- 1877년 First demonstration of bactericidal effects of sunlight
- 1906년 First demonstration of disinfection of drinking water
- 1921년 First demonstration of UV photoreactivity with TiO₂
- 1927년 Bactericidal action of UV first quantified scientifically
- 1928년 Virucidal action of UV first quantified scientifically
- 1929년 Fungicidal action of UV first quantified scientifically
- 1997년 First UVC-LED
- 2003 CDC(the Centers for Disease Control) formally sanctions UVGI use in hospitals

04 Units and Terminology

단위와 용어

- **UV dose, UV irradiation,**
J/m² (J: Joule, 에너지단위)
J = W x s(W: watt, 전력의 단위, S: 초)
- **램프를 이용한 큰 시스템**에서는 J/m²
LED를 이용한 작은 시스템에서는 mJ/Cm² 단위로 주로 사용
J/m² 단위의 dose양에 10배를 하면 mJ/Cm² 단위의 dose 양이 된다
- **Germicidal 의미**
Destroy, kill, or inactivate microorganisms such as viruses, bacteria, and fungi.
바이러스는 온전한 생명체가 아닌 kill보다는 inactivate의 표현이 옳다.
- **살균의 3가지 영역**
Air disinfection, Surface disinfection, Water disinfection
- **Pathogens (병원체)**
Any microbes that cause infections in humans and animals, and these include viruses, bacteria, and fungi.
- **Allergens(알러지항원)**
Microbes, biological products, and compounds that induce allergic reaction.
Not very susceptible to UV

05 UVGI Disinfection theory – DNA, RNA

자외선 살균 원리-DNA, RNA

- **RNA : Ribo Nucleic Acid**

Ribo: 5탄당(C5 H10 O5)

Nucleic Acid: 핵산(세포핵 속에 있는 산)

- **1번 고리와 연결되는 Base**

Adenine(A), Cytosine(C), Guanine(G), Uracil(U)

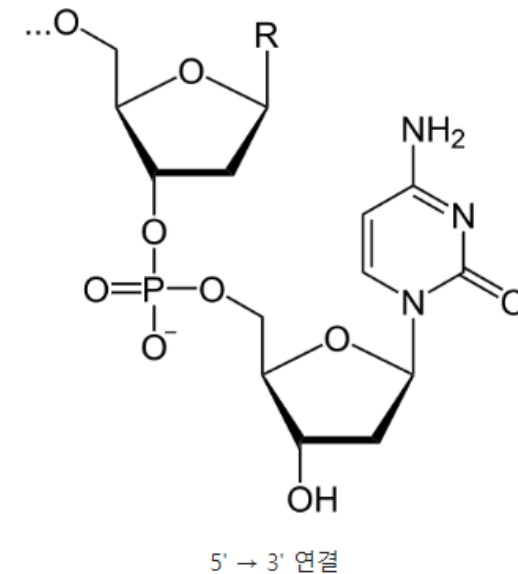
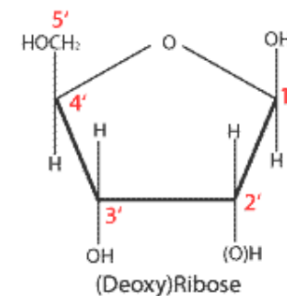
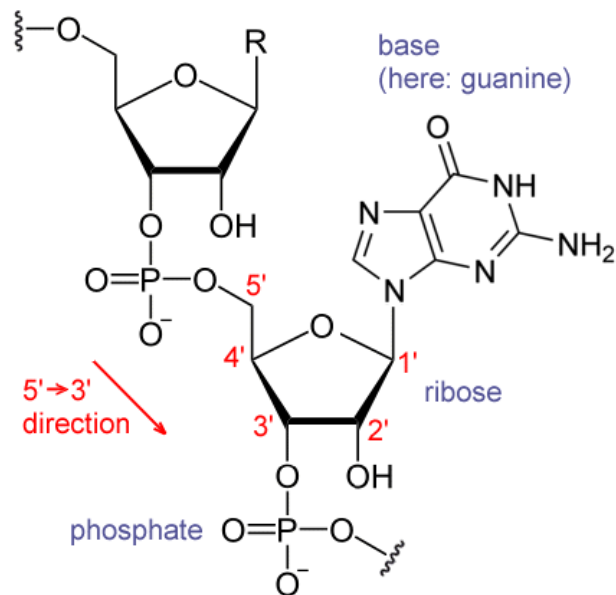
- **DNA : Deoxyribo Nucleic Acid**

Deoxyribo: 5탄당(C5 H10 O5)

Nucleic Acid: 핵산(세포핵 속에 있는 산)

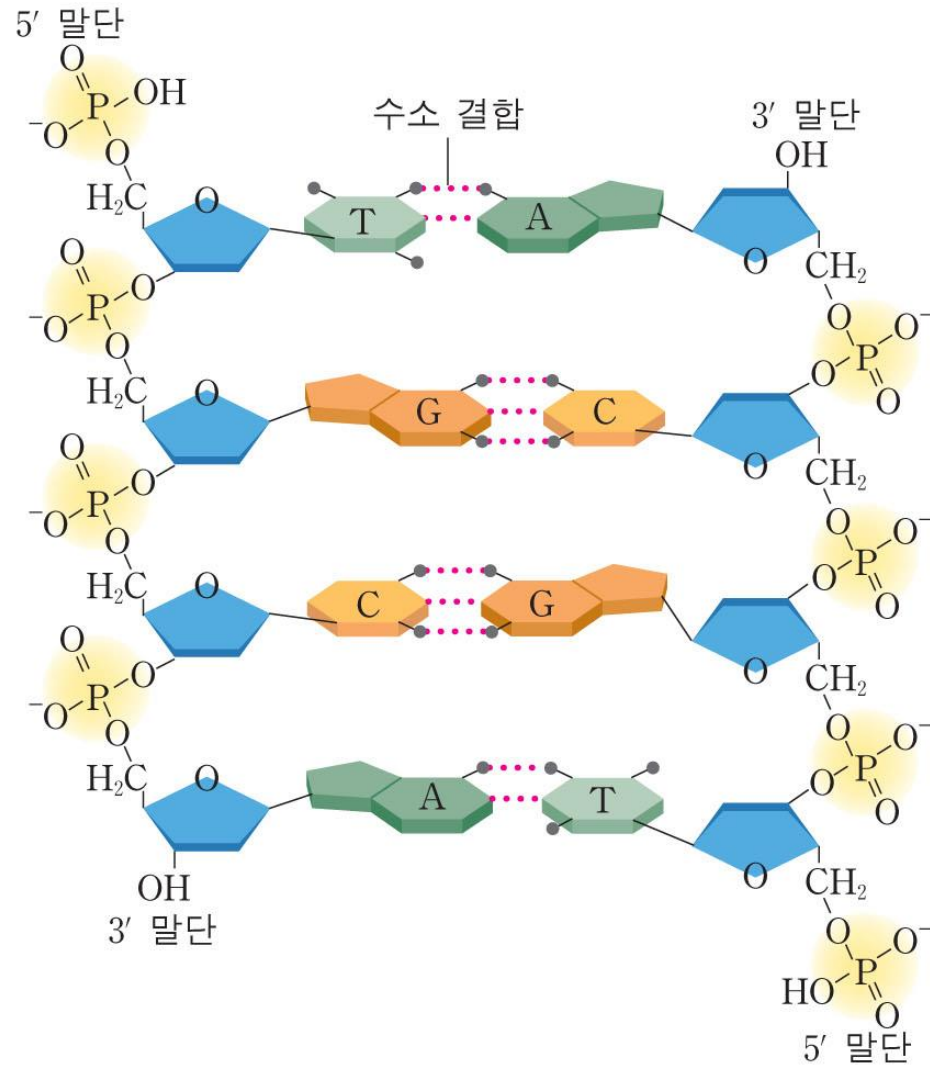
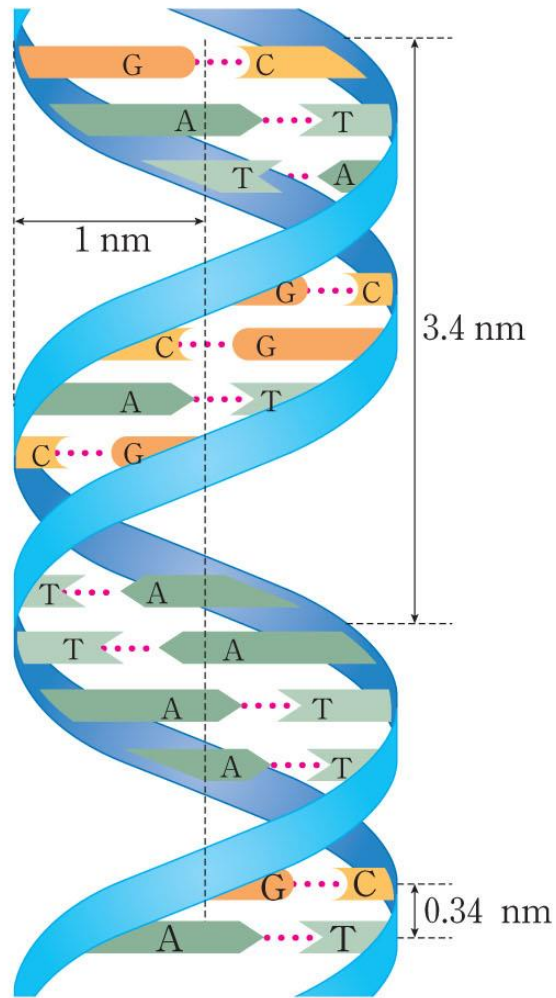
- **1번고리와 연결되는 Base**

Adenine(A), Cytosine(C), Guanine(G), Thymine(T)



06 UVGI Disinfection theory – DNA structure

자외선 살균 원리-DNA 구조



07 UVGI Disinfection theory

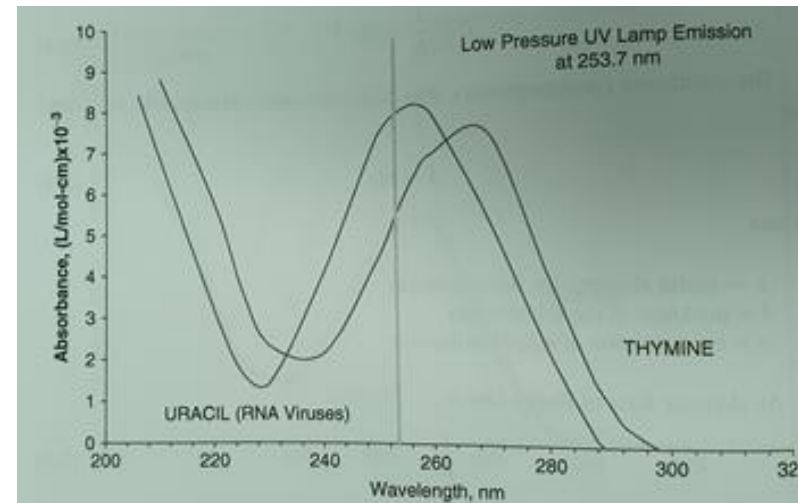
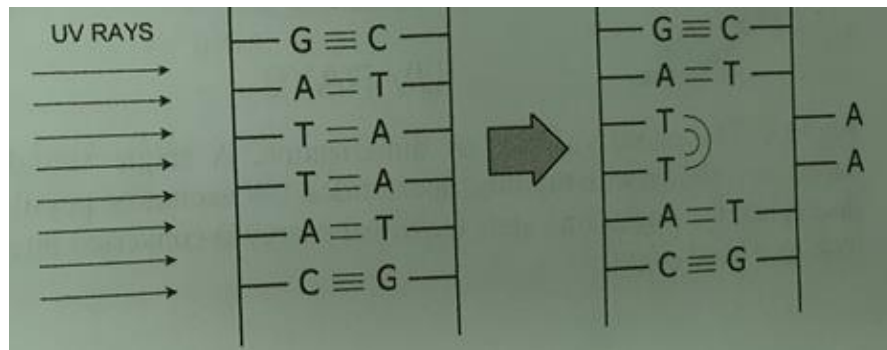
자외선 살균 원리

- 현재까지 진행된 연구들을 참고한 살균원리

(1) 주요원리: Thymine(Uracil) dimers caused by UV absorption :
Cross-linking between Thymine and adjacent DNA or protein.

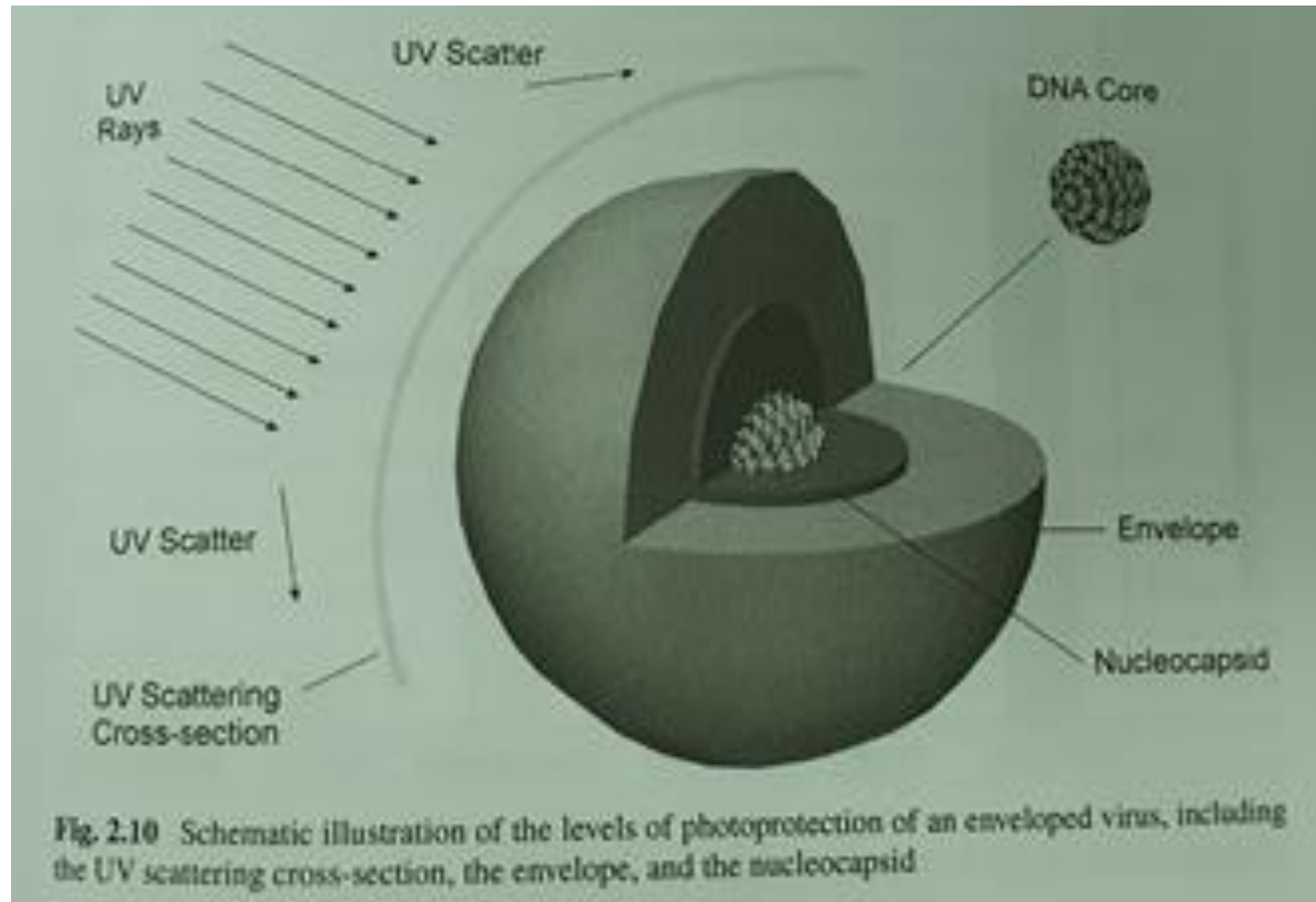
(2) TT dimer 뿐만 아니라 확률이 상대적으로 낮지만 CT, CC 등 다양한 dimer 형성도 가능하다

(3) **Generation of UV photoproducts by photochemistry**
UV에너지에 의한 세포 내 효소 등 단백질, 고분자의 각가지 변형



08 UVGI Disinfection theory

자외선 살균 원리



09 UVGI Disinfection rate

자외선 살균율

$$S = e^{-kD}$$

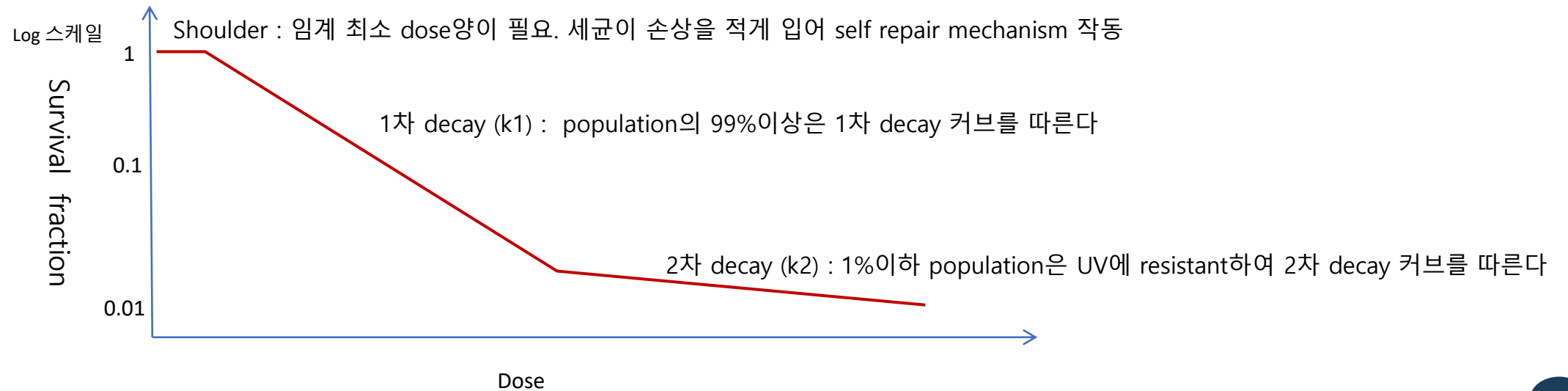
S: Survival fraction

e: 오일러의 수(2.718...)

K: UV rate constant (세균과 환경에 따라서 영향을 받는 상수)

D: UV Dose(J/m² or mJ/Cm²)

일반적인 Disinfection rate 그래프



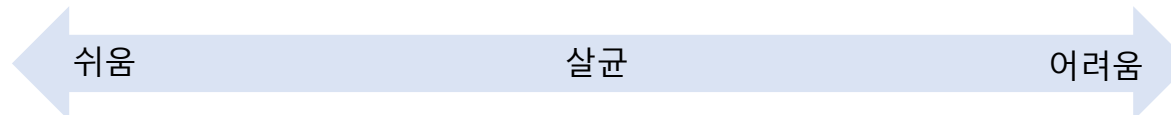
10 UVGI Disinfection rate

자외선 살균율

Table 4.1 Overall average rate constants for microbial groups

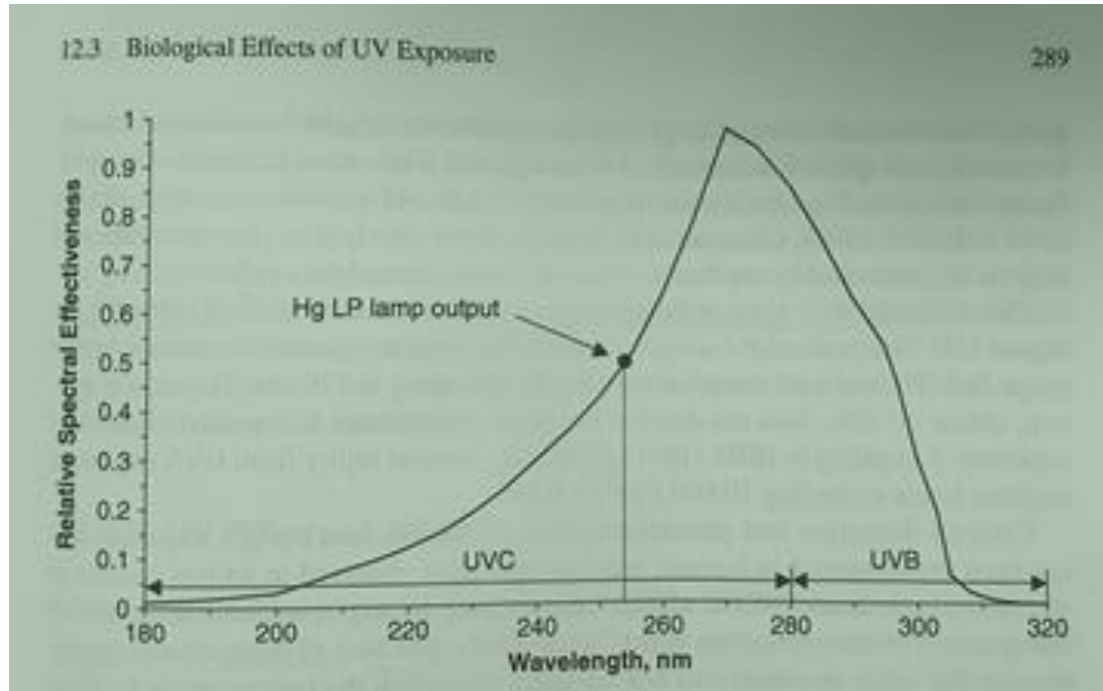
Microbe	Type	Water		Surface		Air - Lo RH		Air - Hi RH	
		UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²	UV k m ² /J	D ₉₀ J/m ²
Bacteria	Veg	0.08463	27	0.14045	16	0.38887	6	0.07384	31
Viruses	All	0.05798	40	0.03156	73	0.39985	6	0.29050	8
Bacterial spores	Spores	0.01439	160	0.01823	126	0.02566	90	0.02600	89
Fungal cells and yeast	Veg	0.01008	229	0.00700	329	0.09986	23	-	-
Fungal spores	Spores	0.00916	251	0.00789	292	0.00730	315	0.00472	488

Bacteria < Virus < Bacteria spore < Fungi spore < Fungi



12 UVGI Safety

자외선 안전성



UV 파장에 따른 생물학적 영향
← 270nm부근에 최대치

• UV effects on Eyes

- 4mJ/cm²이상 노출시 각결막염(keratoconjunctivitis) 발생 가능성
- 백내장(cataract) 및 수정체 불투명화(photo degradation of the eye lens) 발생 가능성 (동물실험 결과)
- Dose 양에 따라서 회복 속도 차이가 있으나 영구손상도 가능

• UV effects on Skin

- 선토편과 유사한 붉은 반점(erythema) 발생
- 피부노화(skin aging) 및 면역시스템 손상(immune system damage)
- 피부암(skin cancer) 발생 가능(특히 UVB의 경우)

3mJ/Cm² 이상 노출 되지 않게 절대 주의

(저출력 3mW급 UVC-LED를 1초 동안 노출과 동일한 dose 양)

13 UVGI safe usage

자외선 안전한 사용

- **피부와 눈에 UVC 빛이 노출되지 않게 절대 주의 한다.**
 - UVC 빛이 개방되어 사용되는 제품(후레쉬처럼 켜서 직접 쬐여서 살균하는 제품들) 절대 사용 금지.
 - UVC빛을 노출하여 사용 할 경우 보호 장비 필히 착용
- **UVC 빛은 눈에 보이지 않는다.**
 - 노출 되고 있는지 눈으로는 확인할 수 없다.
 - 대부분 제품에서 시각 효과를 위해서 파란색 LED를 함께 사용하는데 이 파란색 빛은 인체에 무해하다.
- **다행히 UVC 빛은 일반적으로 투명해 보이는 물질이라도 투과를 할 수 없다**
 - UVC 빛은 석영(쿼츠), 사파이어와 등 특수 물질을 투과를 할 수 있으나 대부분 물질을 투과 하지 못한다.
 - 따라서 일정두께 이상의 플라스틱류, 아크릴류 , 금속류 용기 안에서는 안전하게 사용 가능하다
 - 용기 물질을 선택 시 반드시 전문 자료를 참조하고 안전 두께 이상으로 설계하여야 한다.

Thank you

Save life with light

ShareLight