

技術解説

紫外線 殺菌燈의 利用과 問題點

李 性 午

(檀國大 講師)

1801년에 독일인 J.R.Ritter가 太陽光의 可視域 스펙트럼을 연구하고 있을 때 短波長을 지나서 강력한 사진작용을 일으키는 것을 알게 되었다. 이것이 紫外線發見의 最初이다. 이어서 영국출신인 Thomas Young이 1804년에 이것을 電磁波의 일종임을 파악하게 되었다. 光生物學分野에서는 1899년에 덴마크인 N.R. Finsen이 自然太陽光의 일부분인 紫外線이 인간의 皮膚를 태운다는 것을 발견하고 紫外線과 그 效果에 대해서 폭 넓게 연구하여 그의 功勞로 1903년에 노벨상을 수상하게 되었다.

1. 紫外線이란

宇宙線, 엑스線, 紫外線, 可視光線, 赤外線마이크로波 등은 모두 電磁波이다. 이 電磁波는 빛과 같이 眞空中에서 매초 30만km의 速度로 傳播되며,

그 波長에 따라 그 作用과 특징이 달라진다. 좁은 의미에서 빛이라고 불리고 있는 것은 사람의 눈에 밝다는 것을 느끼는 波長 380nm~780nm범위의 放射에너지 즉 可視光線이라 부르며 이보다 波長이 짧은 즉 보라색부분 보다 짧고 엑스선 부분사이의 放射에너지를 紫外線이라 부르고 있다. 이 紫外線에 대해서 C.I.E.(國際照明委員會)에서는 다음과 같이 分類하고 있다.

UV-A : 315nm~400nm 近紫外線

UV-B : 280nm~315nm 中紫外線

UV-C : 100nm~280nm 遠紫外線

紫外線은 特定한 波長을 中心으로 하여 고유의 특수한 作用을 하는 것이 뚜렷하게 나타내고 있다. 이 特定波長에 대한 特有的 作用은 表 1과 같다.

2. 紫外線의 殺菌作用

表 1 紫外線의 波長에 따른 特有作用

파장의 범위 (nm)	가장 작용이 강한 파장	작 용	명 칭	응 용 예
150~200	184.9nm	음이온, 오존의 생성	오존 발생원	탈취, 살균, 물처리
200~280	253.7nm	살균작용	살 균 선	살균램프 형광램프
280~320	296.7nm	홍반작용	건 강 선	광중합, 홍반효과
392~380	365.0nm	화학반응	화 학 선	광중합, 형광램프

技術解説

消毒이라는 문제는 옛부터의 어려운 문제로 대두되고 있지만 오늘날에도 새로운 과제를 내포하고 있는 문제임에는 틀림없다. 消毒이라는 기술은 病院이나 診療所 등의 手術室에서나 大學 등의 研究室 내에서 만의 문제가 아니고, 누구나 일상생활 즉 우리 주변에서 광범위하게 필요로 하고 있다. 이 消毒은 대개의 경우 熱, 濾過, 藥物 등에 의해서 이루어지고 있지만 이런 殺菌方法으로는 그 물건에 따라서 變質되어 소기의 목적을 이룰 수 없는 경우도 발생하게 된다. 消毒이라는 말은 결국 微生物인 細菌을 死滅시키는 것을 뜻한다. 微生物이란 生命의 原始形態로서 그의 모습은 動物과 植物을 구별할 수 없을 정도로 根本을 이루고 있을 뿐만 아니라 新陳代謝를 위한 活動性和 柔軟性을 가진 形態와 生態學的 分布에 의해서 생활하고 있다. 微生物로는 原蟲類(Protozoa), 真菌類(Fungi), 細菌(Bacteria), 곰팡이菌, 酵母菌, 바이러스(Virus) 등이 이에 속해 있다. Bacteria의 크기는 대개 0.2 μ m부터 1.5 μ m 사이에 있으며 어떤 것은 30 μ m나 되는 것도 있다. 酵母菌과 原蟲菌의 크기는 10 μ m 보다 훨씬 적고 곰팡이는 그의 크기가 다양하여 많은 차를 가지고 있다. Virus는 自身單獨으로는 增殖할 수 없기 때문에 다른 生物이 살아있는 細胞 내에서 寄生하여, 그 蛋白質合成, 核酸合成의 機構를 이용하여야만 增殖할 수 있으며 그의 크기는 Bacteria보다 작다. 殺菌이란 微生物의 종류에 따라 다소 다르지만 波長 260nm부근 즉 核酸이 吸收하는 peak波長에서 作用效果가 極大로 된다. 殺菌의 메카니즘에 대해서는 紫外線을 照射함으로써

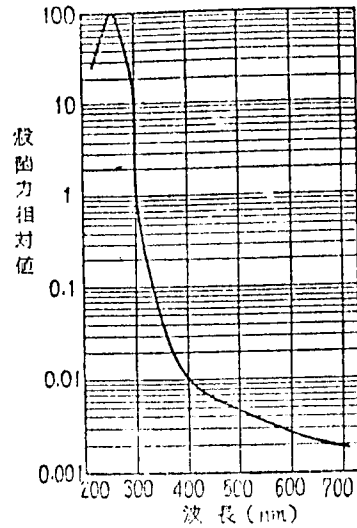


그림 1 殺菌效果 波長特性

核酸의 成分이 化學變化를 일으키어 代謝障害를 가져와 增殖能力을 잃고 다시 말해서 不活性狀態에 이르게 되고 더우기 作用스펙트럼량이 많아지면 破壞되어 죽어간다는 說이 가장 有力하다. 이러한 細菌을 죽이는 紫外線의 波長과 殺菌能力과의 관계를 그림 1에 나타냈다. 이에 따르면 波長이 260nm부근에서 가장 강하고 이를 중심으로 하여 즉 遠紫外線域(UV-C)에서 각종의 細菌에게 강한 殺菌作用을 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 可視光線(380~780nm) 부분의 10000~60000배에 이른다. 太陽光線은 원래 강한 紫外線을 함유하고 있지만 地球上層부의 오존層과 地上까지 도달하는 사이에 空氣중의 먼지 등에 의해서 390nm보다 짧은 紫外

表 2 大腸菌의 破壞를 위한 照射量

細菌의 破壞率(%)	照射量(J/m ²)	細菌의 破壞率(%)	照射量(J/m ²)
10	1.3	95	39
18	2.6	98	51
33	5.2	99	60
50	9.1	99.5	69
63	13.1	99.8	81
80	20.9	99.9	90
86	26.1	99.99	120
90	30.0		

表 3에서는 紫外線殺菌法과 다른 各種 殺菌法과 比較한 것이다.

表 3 各種殺菌法の 比較

분 류	紫外線殺菌燈에 의한 殺菌	熱에 의한 殺菌	藥品에 의한 殺菌	오존燈에 의한 殺菌	放射線에 의한 殺菌
菌種의 殺菌 有効度	⊗ 모든 菌種에 대해서 有効	○ 모든 菌種에 대해서 有効	○ 특정된 菌에만 有効	⊗ 모든 菌에 대해서 有効	⊗ 모든 菌에 대해서 有効
殺菌後의 變化狀態	⊗ 거의 변화하지 않는다	○ 변화하는 경우도 있다	○ 변화하는 경우도 있다	○ 변화하는 경우도 있다	⊗ 거의 변화하지 않는다
透過性	× 공기, 물 등을 제외하고는 물체에 대한 透過性이 없다	⊗ 물체내부에 대해서도 有効	⊗ 물체내부에도 有効	× 공기이외의 물체는 表面에만 有効	⊗ 물체의 내에도 有効
殺菌所要時間	⊗ 짧다	○ 시간이 걸린다	⊗ 시간이 걸린다	× 길다	⊗ 짧다
殺菌作用의 持續性	× 照射할 때만 有効하다	⊗ 加熱하고 있을 때만 有効	○ 일반적으로 매우 길다	○ 오존이 남아있는 동안만 有効	× 照射할 때만 有効
使用方法	⊗ 간편하고 쉽다	○ 곤란한 경우도 있다	○ 용이하다	⊗ 용이하다	× 곤란하다
適用對象物	○ 공기, 물, 물체의 表面殺菌	○ 물, 食品, 器具	○ 물, 食品, 器具	○ 空氣	○ 물, 食品, 器具
設置費	⊗ 低廉하다	○ 고가인 경우가 많다	○ 일반적으로 적다	⊗ 일반적으로 적다	× 高價이다
維持費	⊗ 적게 든다	○ 약간 적게 든다	○ 일반적으로 高價이다	⊗ 적게 든다	○ 일반적으로 高價이다

⊗ 가장 좋다 ○ 보통 × 적합하지 않다

線은 모두 散亂 또는 吸收되어 含有하지 않고 있다. 그러나 太陽光線 이 살균효과가 있다는 것은 殺菌작용의 효과가 적은 자외선이지만 상상을 초월할 정도로 많은 양을 함유하고 있으며 또한 可視光線과 赤外線部分의 熱作用과 乾燥작용이 있으므로 日光消毒도 좋은 殺菌效果를 가지고 있다. 그러나 微生物에 대한 殺菌效果面에서 보면 紫外線殺菌램프 15W로부터 50cm 떨어진 곳에서의 殺菌效果는 日光消毒의 64배에 이른다. 자외선에 의한 殺菌效果는 모든 細菌에 有効하지만 菌의 種類에 따라서는 細菌에 대한 抵抗力에 따라 크게 달라지며 더욱이 周圍環境과 照射量에 따라 크게 영향을 받는다. 예로 물속에서 大腸菌의 경우에는 透過率 때문에 照射量을 3~30배로 높여야 한다. 表 2에서는 건조한 공기중에서 大腸菌의 살균에 필요한 자외선 254nm의 最大照射量을 나타냈다. 殺菌消毒을 위해서는 자외선(254nm를 기준으로 함)의 조사량 $D(J/m^2)$ 와 放射照度 $E(W/m^2)$ 와의 사이에 t_1 초 照射後

에 죽은 細菌의 수를 N_{t_1} 라 하면

$$t_1 = \frac{D}{E}$$

消毒條件에 따른 效果와의 사이에서 消毒後의 細菌抵抗에 대한 常數 K 는

$$Kt_1 = \log \frac{N_0}{N_{t_1}} \quad Kt_2 = \log \frac{N_0}{N_{t_2}} \quad t_2 = t_1 \frac{\log \frac{N_0}{N_{t_2}}}{\log \frac{N_0}{N_{t_1}}}$$

여기서 N_0 는 照射前의 細菌數.

표 3에서는 紫外線殺菌法과 다른 各種 殺菌法과 比較한 것이다.

3. 紫外線 殺菌燈

紫外線殺菌燈이란 遠紫外線(UV-C)을 放射하는 低壓水銀放電管의 일종으로서 低壓水銀蒸氣에 의한 放電管이다. 低壓水銀放電管은 그의 放射에너지의 90%이상을 水銀의 공진선인 254nm線이 차지하고

表 4 直管型殺菌ランプ 特性

形式	와 트 WATT	치 수(mm)		定 格 電 壓(V)	管電流(A)	殺菌線 出力(W)	殺菌線照度 (1m거리에서) ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	수 명(H)
		길 이	管 徑					
GL-4	4	134.5	15	100	0.125	0.5	5.4	3,000
GL-6	6	210.5	15	100	0.147	1.0	11.0	3,000
GL-8	8	287	15	100	0.170	1.6	16.5	3,000
GL-10	10	330	25±1	100	0.23	1.7	17.5	4,000
GL-15	15	436	25±1	100	0.30	3.0	32.0	4,000
GL-30	30	893	25±1	236	0.355	7.2	80.0	4,000

있으므로 현시점으로 볼 때 가장 강한 효과를 가진
殺菌放射源이라 볼 수 있다. 현재 일반적으로 사용
되고 있는 殺菌램프는 構造나 點燈回路方式이 螢光
램프와 같지만 이들 사이의 차이는 螢光램프에 사
용되는 유리관이 300nm보다 짧은 자외선은 완전히
차단되는 보통 유리를 사용한다는 것과 그 유리관
내부에 螢光物質을 塗布한다는 점이 다르다. 살균
램프에 사용되는 유리관은 살균 자외선인 254nm를
잘 투과하지만 오존을 발생시키는 185nm(水銀의
다른 하나의 공진선)을 거의 통과시키지 못하여 石
英(185nm를 잘 透過시킴) 유리와 같이 사용중에
오존에 의한 異臭때문에 頭痛을 일으킬 우려가 없

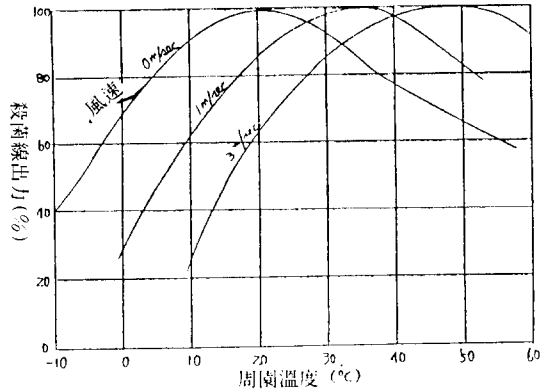


그림 2 周圍溫度에 대한 殺菌線出力(%)

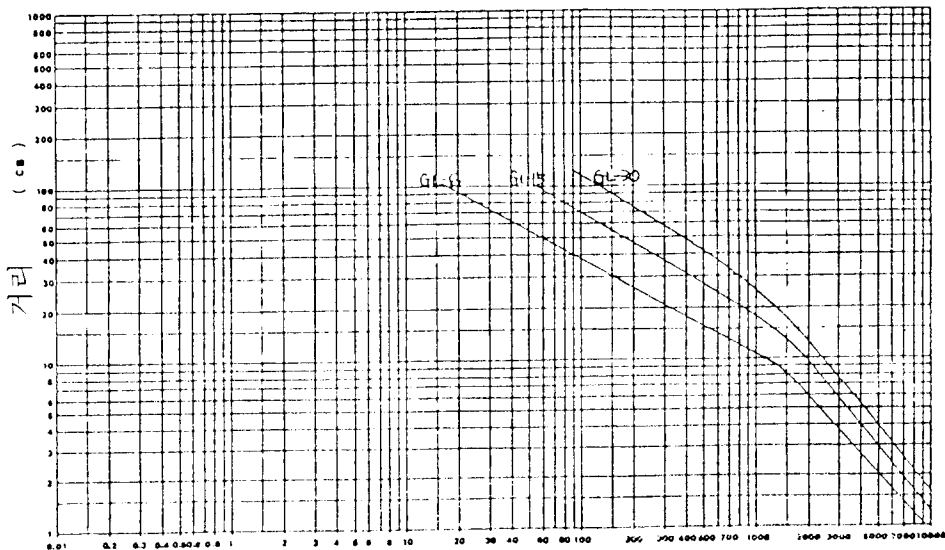


그림 3 殺菌線放射強度와 거리와의 關係

紫外線 殺菌燈의 利用과 問題點

으며, 壽命이 길고 값이 저렴한 것이 개발되어 사용되고 있다. 다만 점등중 오존이 극히 적게 발생하고 있으나 이는 램프 근처에서 약간 느낄 정도이므로 이 정도로는 危害는 없으며 오히려 防臭效果를 가져올 정도이다. 表 4에서는 直管型 殺菌램프의 定格과 特性을 나타낸 것이다.

살균램프는 일반적으로 그림 2에서 나타낸 바와 같이 주위 온도가 20~23°C, 램프의 管壁溫度 40°C 前後일 때 紫外線放射強度가 최고에 이른다. 이것은 램프내에 封入되어 있는 水銀의 蒸氣壓이 周圍溫度, 램프電流 등에 의해서 변화하기 때문이다. 따라서 이 조건에 적합하지 않으면 最高出力에 이르지 못하므로 使用環境條件에 알맞도록 設計되어야 한다. 또한 주위의 공기의 움직임도 영향을 주기 때문에 風速이 클 경우에는 램프의 管壁이 冷却되어 출력이 저하한다. 닥트살균 물살균 등에 사용되는 램프는 일반적으로 일반용램프보다 電流密度(A/cm²)가 높은 램프를 사용한다.

그림 3에서는 대표적이라 할 수 있는 램프의 距離와 殺菌線強度와의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 距離와 強度와의 관계는 光學的인 法則에 따르지만 거리가 램프 放電 길이의 절반이하인 짧은 거리에서는 대략 1/距離의 관계가 있다. 살균램프를 사용할 경우에는 어떤 거리에서 사용할 것인가에 따라 實測과 計算에 의해서 그 점의 강도를 구해야 한다.

4. 紫外線殺菌燈의 應用

紫外線殺菌燈에 의한 殺菌을 할 때의 主要特徵을 들면 다음과 같다.

- (1) 모든 菌種에 관계없이 유효하다.
- (2) 化學藥品이나 加熱에 의한 殺菌方法과는 달리 被照射物에 照射後 거의 다른 변화를 일으키지 않는다.
- (3) 사용방법이 간편하다.
- (4) 가장 유효한 殺菌對象은 空氣나 또는 물이다.
- (5) 空氣이외의 대부분이 物質은 短波長의 자외선을 통과시키지 못하므로 빛이 닿는 부분인 表面 殺菌에 한정되어 있어 그늘이나 내부에는 효과가 없다.
- (6) 이 자외선을 직접 눈이나 얼굴 등에 닿으면

일시적이지만 結膜炎 또는 살갓에 火傷을 입는 고통을 당하게 되므로 사용할 때는 적당한 保護對策이 필요하다.

이런 특징을 가진 살균 등은 공기 또는 물의 살균에는 다른 살균방법이 이에 추종할 수 없는 장점을 가지고 있으므로 이를 이용한 응용기기로서 다음과 같은 여러 방면에 활용되고 있다.

가) 사무실 기타 직장에 설치하면 공기를 정화시키고 마이너스이온이 발생하여 疲勞를 경감시켜 업무능률 향상에 기여함과 아울러, 소위 빌딩병 예방에도 효과가 있다. 침실이나 병실에 설치하면 호흡이 편해져서 安眠을 돕기 때문에 쾌적한 삶을 누릴 수 있다.

나) 철도역 등의 교통기관, 극장, 병원, 학교 등과 같이 사람이 많이 모이는 곳에 설치하면 未知의 환자로 부터의 感染을 방지하고, 수술실에 설치하면 수술후의 다른 病菌으로 인한 發病을 방지할 수 있다.

다) 食品工場(調理場)에 사용하면 공기중에 떠돌아다니는 病菌이 낙하하여 이로 인한 食品의 汚染을 방지하기 위하여 식품의 腐敗, 제품의 품질향상에 효과가 있다. 여관이나 음식점, 사업장의 식당 등의 각종 급식시설의 경우에도 落下菌에 의한 식중독을 예방할 수 있으며 장시간 사용할 경우에는 쥐나 바퀴벌레가 나타나지 않는다는 사례도 많이 있다. 또한 생굴의 新鮮度 維持와 소독 衛生管理面에서 대단히 우수한 효과를 보았다. 여관 또는 요식업소 등에서 사용되는 도마表面殺菌에 대한 실험에서도 大腸菌은 1/1000, 葡萄狀菌은 1/10000이하로 감소되었다는 결과가 나왔으며 이는 열탕 또는 逆性비누에 의한 소독 보다 우수하며 소독으로 인한 이상한 악취가 남아 있지 않는다는 사례가 많이 있다. 따라서 일본에서는 도마판살균 등의 사용을 권장하고 있다.

라) 紫外線 殺菌燈을 사용하여 家畜의 傳染病의 예방과 수익율을 올리고 있다. 예로서 養鷄하는 데 이용하여 鷄痘 기타의 罹病으로부터 방지하고 產卵率을 높이고 또한 계란을 소독함으로써 하절기에도 오랫동안 보존할 수 있어 유리한 거래를 가능하게 할 수 있다. 젖소에 있어서도 乳房炎, 結核 등을 예방하여 乳量을 增産하고 또한 비타민 A, D의 함유량이 증가하는 등으로 양질의 우유를 얻을 수 있다.

5. 紫外線殺菌燈 利用의 問題點

5.1 人體에의 영향

(1) 눈에 대한 영향: 살균선에 대한 눈의 障害作用은 紫外線眼炎이라 부르며 이는 자외선을 과도하게 받은 경우 눈의 表層에 침범하는 것으로서 자외선이 조사된 후 4~5시간 경과하면 눈이 충혈되면서 10~12시간 정도 심한 눈에 통증을 일으키어 눈을 뜨고 물체를 볼 수 없게 된다. 그러나 이것은 일시적인 증상으로 대부분의 경우 빠르면 하루 오래가면 2일 정도이면 치료된다. 자외선안염의 분광 작용곡선은 그림 4에서와 같다. 이것은 건강한 어른의 경우로서 어린이나 병자의 경우는 한층 저항력이 약해서 개인차도 심하기 때문에 일률적으로 적용한다는 것은 위험하다. 만일 살균 등으로 인해서 눈에 통증이 있을 경우에는 극히 가벼운 정도가 아니면 전문의로 부터 진단에 의한 치료를 받아야 한다.

(2) 皮膚에 대한 영향: 인체에 빛(주로 태양)을 조사할 경우 일어나는 효과반응의 대표적인 것으로서는 소위 피부가 타는 것이다. 이 현상은 의학적으로 보아 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 피부가 빨갛게 되어 따끔따끔하는 현상이며, 또 하나는 皮膚色이 검게 타는 현상이다. 전자는 紅斑作用, 후자는 色素沈着으로 구분하고있다. 여기서 홍반 작용은 毛細血管의 확장으로 인해서 생기는 것으로 빛을 받음으로서 表皮중에 아미노산민이 히스타민을 유리시켜 이것이 모세혈관에 작용하여 擴散시킨다고 말하고 있다. 이 히스타민은 열에 의해서도 유리되기 때문에 적외선이나 가시광선, 경우에 따

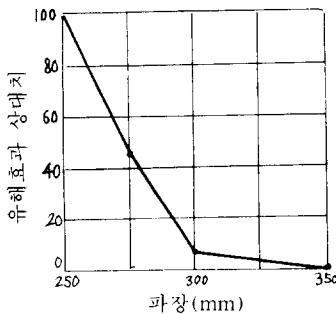


그림 4 紫外線의 有害作用의 波長特性

表 5 波長에 따른 相對스펙트럼의 實效值

波長 (nm)	TLV (mJ/cm ²)	相對스펙트럼實效值 S
200	100	0.03
210	40	0.075
220	25	0.12
230	16	0.19
240	10	0.30
250	7.0	0.43
254	6.0	0.5
260	4.6	0.65
270	3.0	1.0
280	3.4	0.88
290	4.7	0.64
300	10	0.30
305	50	0.06
310	200	0.015
315	1000	0.003

表 6 紫外線 被爆 許容值

1H被爆時間	實效值 E _{eff} (μW/cm ²)
8時間	0.1
4	0.2
2	0.4
1	0.8
30分	1.7
15	3.3
10	5.
5	10.
1	50
30초	100
10	300
1.0	3000
0.5	6000
0.1	30000

라서는 기계적 자극에 의해서도 홍반이 일어날 수도 있지만 이런 원인에 의한 경우는 또한 빨리 소멸 되기도 한다. 그렇지만 자외선의 경우는 화학반응에 의해서 유리하기 때문에 진행정도가 완만하고

지속성이 있다. 따라서 홍반이라고 하면 자외선에 의한 영향에 대해서 더 주목을 끌고 있으며 연구도 활발하다. 빛을 인체에 조사할 경우에 어떤 경우라도 안전성을 충분히 확인한 후에 실시하여야 한다. 이 안전성의 기준에 대해서는 여러 방면에서 검토되고 있다. 그의 일례로서 美國의 ACGIH(The American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 美國政府産業衛生技師協議會)에 의해서 재정의된 자외선의 피부 및 눈에 대한 TLV(Threshold limit value 閾限界値)이다. 여기서 TLV란 200nm에서 400nm사이의 스펙트럼영역에 있는 자외선에 관한 것으로서 거의 대부분의 노동자가 나쁜 영향을 받지 않으면서 반복하여 被爆되어도 피해를 입지않는 상태를 나타내는 말이다.

이의 권고치의 내용을 요약하면 다음과 같다. 放射照度(irradiance)値가 명백하게 알 수 있으면서 피폭시간도 관리할 수 있는 작업장에서 피부 또는 눈에 자외선이 조사되는 職業被爆量에 대해서 다음과 같이 TLV를 권고 하고 있다.

가) 近紫外線領域(320~400nm)에서는 보호되지 않는 피부 또는 눈에 대한 全放射照度는 被爆時間이 10³초(약 16분간)를 초과하였을 경우에는 1 mW/cm²을 초과해서는 안된다. 또한 16분 이내인 경우에는 1J/cm²를 초과해서는 안된다.

나) 化學紫外線領域(200~315nm)에서는 보호되지 않는 피부 및 눈에 대한 放射被爆은 8시간을 一週期로 하여 그 시간내에 表 5에 나타난 값을 초과해서는 안된다.

다) 스펙트럼실효치의 최대치(270nm)에 대한 連續스펙트럼放射源의 實效放射照度を 결정하기 위해서 다음의 加重式을 사용하여야 한다.

$$E_{\text{eff}} = \sum E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}$$

여기서 $E_{\text{eff}} = 270\text{nm}$ 의 單色放射源에 대한 實效放射照度(W/cm² 또는 J/cm²)

$$E_{\lambda} = \text{分光放射輝度(W/cm}^2/\text{nm)}$$

$$S_{\lambda} = \text{相對스펙트럼實効値(단위 없음)}$$

$$\Delta_{\lambda} = \text{波長幅(nm)}$$

라) 保護되지 않는 피부 또는 눈에 대한 화학자외선방사에 의해서 피폭의 허용시간(초)은 0.003J/cm²를 E_{eff} (W/cm²)로 나눔으로써 계산할 수 있다. 또한 表 6를 사용하여 결정하여도 좋다. 表 6은 實效放射輝度($\mu\text{W/cm}^2$)에 대한 피폭시간을 제시한 것

이다.

사람에 따라서는 자외선에 대한 感受性이 크게 다르고 눈은 피부보다도 감수성이 높다고 보기 때문에 허용치는 TLV를 취하는 것이 알맞으며 실용 조건에 있어서도 위의 값 이하가 되도록 배려와 대책이 필요하다.

(3) 紫外線에 의한 老化的 促進: 자외선이 장시간 반복하여 피부에 조사되면 만성적으로 변화하여 피부의 노화를 촉진시킨다. 이것은 옥외노동자, 농민, 어부 등은 끊임없이 햇빛을 받고 있으므로 이 사람들의 피부는 탄력성이나 끈기가 적어 주름이 깊어서 연령에 비해서 늙게 보인다. 또한 일반인도 얼굴, 목, 손과 같이 햇빛이 쬐이는 부위의 피부는 옷으로 가리워진 부위에 비해서 老化가 빠르다. 이것들은 眞皮組織에 있는 코라겐(Collagen) 성분의 양, 특히 可溶性코라겐량이 감소하여 彈性纖維 또는 膠原纖維가 변화하여 위축된 결과이다.

(4) 紫外線에 의한 皮膚癌: 이도 앞서 언급한 바와 같이 만성피부장해의 하나이다. 자외선이 피부암을 발생하는 주요 원인으로서 주로 신체의 노출부위에서 높으며 직업적으로는 옥외노동자가 많고 위도가 낮은 日射光線量이 많은 지방일수록 암발병율이 많으며 또한 有色人種보다 白色人種이 많다는 것이 疫學的調査에 의해서 명백하게 나타났다.

피부암발생과 자외선의 파장, 에너지강도, 에너지용량과의 관계를 쥐를 이용하여 발암실험한 결과에 의하면 수은램프의 200~320nm영역의 輝線스펙트럼에서는 6~80 J/cm²에서 280nm 이하의 輝線스펙트럼을 함유하면 140 J/cm²에서 100% 발생하였다. 살균램프(254nm)에서는 83 J/cm²에서는 20%의 암발생이 나타났으며 텅스텐램프에서는 전혀 발생하지 않는다는 것을 알게 되었다.

피부암은 320nm 이하의 홍반을 일으키는 파장역이며 290~330nm에서는 효과가 크며 살균효과가 있는 254nm에서는 낮다. 자외선에 의한 암발생은 일시적으로 대량 조사하는 것보다 홍반을 일으키지 않을 정도를 장시간 조사하는 편이 발암율이 높다.

5.2 植物에의 영향

植物은 일반적으로 인간보다도 환경에 민감하다고 한다. 어린 유아의 얼굴에 장시간 조사하여도

技術解説

아무런 지장을 주지 않을 정도의 살균성방사강도에
서도 나무잎이 시들어 결국 枯死하는 경우가 많다.
가장 민감한 예로서는 토마토의 새싹에 $2\mu\text{W}/\text{cm}^2$
에서 24시간 조사하면 枯死하고 $0.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 에서 8
시간 조사하여 4일간 계속하면 명백히 損傷을 입는

다고 한다. 그러나 소나무와 같이 강한 잎사귀는
저항력이 상당히 강하며 실험의 한 예를 들면
 $340\mu\text{W Hr}/\text{cm}^2$ (15W의 램프로부터 4m떨어진 곳
에서 170시간 조사량에 해당)에서도 거의 변화하지
않았다.