

자외선의 인체에 대한 영향과 안정성

김응식 (호서대학교 안전시스템공학전공 교수)

1 서론

아래 그림은 전자기파의 일부분을 차지하는 자외선 부분의 스펙트럼을 나타낸 그림이다. 가시광선은 빨간색과 보라색을 경계로 가지게 되어 보라색 보다 높고 X선보다 낮은 주파수를 갖는 영역의 빛을 자외선이라고 한다. 물론 지상에 도달하는 태양광선 에너지에도 293~400(nm)의 자외선을 5(%)이하 포함되어 있다. 일반인들에게는 여름에 물놀이나 야외로 나갈 경우 피부에 바르는 자외선 차단제로, 우리에게는 별로 이롭지 못한 빛으로 인식되고 있다. 특히 호주 같은 곳에서는 극지방의 오존층 파괴로 인한 자외선 노출이 증가되어 야외놀이 때는 꼭 필수품으로 여겨

지고 있으며 피부암과의 연관성도 알려지고 있다. 그러나 구미에서는 백인들의 선天的 광원으로도 사용되고 있으며 공학 분야에서 살균장치 및 오존 발생장치로의 응용이 커지고 있다.

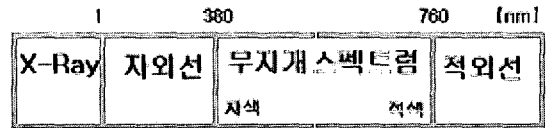


그림 1. 방사스펙트럼

이들 자외선도 파장에 따라 UV-A : 320~400(nm), UV-B : 280~320(nm), UV-C : 100~280(nm)로 나뉜다. 아래 표는 이들 자외선의 주

표 1. 자외선의 종류에 따른 작용 및 물리적 성질

자외방사	작용효과 및 적용분야	관련된 인공광원	비고
UV-C	오존생성, 각종살균작용, 음이온생성, 자외선안염(각·결막염), 탈취작용	살균램프, 저압수은램프, 용접아크	강한 에너지로 표부에 막대한 영향을 끼칠 수 있지만 오존층에 의해 차단. 오존층 파괴로 심각성과 위험성이 커질 가능성이 있음
UV-B	음이온생성, 홍반작용, 일광피부염, 비타민 D생, 미용썬텐, 의료용, 기상학적 검사장비	의료용 UV-B 형광램프, 건강선용 형광램프, 중압수은램프	피부암 발생 및 화상의 주범이며 피부 노화에도 상당한 영향. 보호 차단제 사용
UV-A	色素沈着작용, 일광색소증강, 광과민증, UV-A 백내장, 無水晶體膜網膜상해, 퇴색촉진, 光化學, 光交聯橋(광경화성수지), 위폐감별, 범죄수사, 고고학	Black light 형광램프, Black light 수은램프, 의료용 UV-A 형광램프, 광화학용 수은램프	에너지는 약하고 파장은 길어 UV-B보다 10배가 지표면에 도달하며 피부에 닿는 자외선의 95(%) 정도를 차지. 날씨, 계절, 해의 높이, 구름, 창문, 얇은 커튼도 통과

요 작용 및 응용분야 나타낸 표이다. 본고에서는 자외선의 영향 및 안정성에 대하여 정리해 보는 시간을 갖고자 한다.

2. 자외 방사에 의한 살균

일반적으로 생물이 자외 방사를 받고 그 방사의 광자의 에너지에 의해 조사를 받는 부분의 분자나 세포가 화학변화를 일으켜 부분적으로 손상이나 상해 등이 생기었다고 해도, 그 안에 손상이나 상해를 받는 부분의 세포가 신진대사에 의해 수복된다. 따라서 생물의 개체 전체가 크면 통상은 손상이나 상해를 받는 부분의 비율이 개체 전체에 비해 작아지므로, 그 후 계속 해 자외 방사의 조사를 받지 않으면 생물의 생존에 직접 관련 되는 사태는 일어나지 않는다. 그런데 세균이나 곰팡이 등의 미생물과 같이 개체의 크기가 작은 경우에는, 손상이나 상해를 받는 부분의 개체 전체에 대하는 비율이 커지므로 그 미생물이 사멸에 이르게 된다. 이것을 이용해 광자의 에너지의 큰 자외 방사를 유해한 미생물에 조사시켜 죽이는 일이 가능해진다. 이것이 자외 방사의 살균 작용이다. 살균 작용이 커지는 자외 방사의 파장대역은 220~310(nm)이다. 태양의 빛에도 300(nm)부근의 자외 방사가 포함되어 있으므로, 아주 맑은 날에 이부자리 등을 말리면 이부자리에 부착하고 있는 잡균을 살균할 수가 있다. 이 경우 습도는 자외선 살균에 영향을 주게 되는데 습도가 작을 수록 효과는 커짐을 알 수 있다. 상대습도 60[°C]에서 살균효율 100(%), 상대습도 70[°C]에서 살균효율 67(%), 상대습도 80[°C]에서 살균효율 60(%로 알려지고 있다. 기온 역시 영향을 미치게 되는데 20~25[°C] 최적이며, 0[°C]에서는 20[°C]일 때보다 60[%]정도의 효과를 낸다. 기구 이용의 측면에서 보면 살균등 주변의 온도의 20[°C]의 경우에 풍속이 증가하면 살균등 관벽의 온도가 내려가고 살균선의 출력이 감소하게 된다. 풍

속이 매초 2(m)이상이 되면 관벽의 자외선출력에 큰 영향을 준다.

투과성을 살펴볼 때 많은 물질은 자외선을 투과하지 않지만 어떤 종류의 물질은 한정된 범위의 파장만을 투과한다. 그 투과의 정도는 물질의 두께 및 성질에 따라 다르다. 일반적으로 투명한 물(음료수로 10~80[cm] 정도 : 살균선 90(%흡수), 공기 등은 투과가 양호하다. 참고로 말하자면 물질의 투과 한계 파장대는 물 : 185(nm), 보통유리 : 300(nm), 셀로판지 : 260(nm), 공기 : 190(nm), 논의각막 : 295.4(nm), 수정체 : 310(nm)이다.

3. 비타민D의 생성

동물조직 내의 대부분의 비타민 D는 체표면에 태양광선이 쬐임으로써 생성된다. 즉 사람의 피부에는 7-데히드로 콜레스테롤 이라고 하는 스테롤물질이 함유되어 있는데, 여기에 자외선이 닿으면 비타민 D₃로 전환된다. 이때에 비타민 D₃로 전환시키는 자외선의 효과는 피부에 닿는 자외선의 강도에 따라 달라지게 된다. 즉 계절과 거주 위치에 따라 자외선의 강도가 다르며 체모, 창문의 유리 또는 연기, 안개, 먼지 등 대기오염과 입고 있는 의복은 자외선을 흡수해 들이게 된다. 피부색에 따라서 흑인은 백인에 비하여 자외선의 투과율이 떨어진다. 태양광선을 얼마나 쬐어야 사람이 하루에 필요로 하는 비타민 D를 합성할 수 있겠는가? 1962년 이것을 실험한 게이러(Gaylor)에 의하면 양 손등을 정오에 햇볕에서 1시간 쬐이면 하루에 필요한 비타민D가 생성된다고 한다.

비타민 D는 장의 상피세포에서 칼슘 이온의 운반에 필요한 단백질(calcium-binding protein, CaBP)의 생합성을 촉진시키는 것으로 알려져 있으며, CaBP가 많이 형성될 때 칼슘의 흡수는 증가된다. 식사를 통해 섭취한 인의 흡수도 비타민 D에 의하여 비슷한 양상으로 증가된다. 비타민 D의 작용으

로 장에서 이들 두 무기질의 흡수가 증가되면 결국 혈청의 칼슘과 인산염의 농도가 높아져서 골격의 정상적인 석회화가 이루어지도록 한다. 또 비타민 D는 골격 칼슘의 방출을 증가시킴으로써 혈청의 칼슘과 동시에 인산염의 농도를 적절한 수준으로 유지시킨다. 혈청의 칼슘 또한 인산염의 농도가 떨어지게 되며 부갑상선이 반응하여 부갑상선 호르몬(PTH)이 분비되는데, 이 호르몬은 신장의 히드록시화 효소를 자극하여 25-OH-비타민 D가 1,25-(OH)₂-비타민 D로 전환되도록 돕는 기능을 한다. 이러한 방법으로 체내 작용이 가장 강력한 비타민D의 활성 대사 물질이 필요한 만큼 만들어짐으로써 골격으로부터 혈액으로 칼슘과 인산염이 방출되는 것을 촉진하며, 동시에 장과 신장에서의 대사 촉진 기능을 행하게 된다. 특히 인산염이 소변으로 배설되는 것을 감소시키는 비타민 D의 기능이 중요한데, 이는 혈액내의 칼슘과 함께 인산염의 농도가 적절하게 유지되는 일은 골격의 석회화 과정을 위해 필수적이다.

비타민 D의 결핍으로 인하여 뼈에 인산칼슘이 부족하게 될 경우 두개골의 연화, 골 연화증, 구루성 염주등의 원인이 된다. 하지만 비타민 D의 양이 필요이상으로 되게 되면 여분의 비타민 D가 혈액중이나 장기에 퇴적되고 이것이 혈액의 칼슘농도 증가, 신장 손상 등의 장애를 일으켜 생명에 이상을 초래할 수 있다.

4. 자외성 안염

만약 자외 방사의 조사를 받는 신체부위가 눈과 같이 중요한 기관의 경우에는, 생체내의 상해도가 같은 정도에서도, 생체기능에 미치는 영향의 정도가 커진다. 자외선에 의한 눈의 장애는 자외성 안염이라 부른다. 이것은 자외선의 과도한 조사에 의해 눈의 표층이 침해당하는 것으로 자외선의 조사를 받고 4~5시간 후에 눈이 충혈되기 시작하여 10~12시간 정도 경과 후 심한 안통이 일어나며 눈을 떠서 사물을 볼 수 없

게 된다. 그러나 이것은 일시적인 증상이며 대부분 빠르면 하루, 길어도 2일 정도로 치료된다.

눈에 투사(投射)되는 자외선은 대부분 앞쪽의 얇은 필름막과 같은 각막과 렌즈에 의해서 흡수가 되나, 295nm이상의 전자파에는 앞쪽의 눈 조직과 수정체에 일부분이 노출되고, 망막도 일부분의 자외선에 노출된다. UV-B의 노출에 따른 안과적 질환을 살펴보면 급성노출에 따라 광각막염(photokeratitis), 각막 혹은 수정체 피막하 백내장(cortical or posterior subcapsular cataract)등이 나타난다. 만성노출에 따라 각막 혹은 수정체 피막하 백내장(cortical or posterior subcapsular cataract)등이 발생할 수 있다. 전세계의 실명인(失明人)은 약 3천5백만으로 추산되는데 그 중 약 반은 백내장에 의한 것으로 생각된다. 이 중 UV-B에 의한 백내장이 얼마를 차지할 것인가는 정확히 알려져 있지 않지만, 약 20[%] 정도일 것으로 추정되고 있다. 따라서 눈에 대하는 직접적인 자외방사의 조사는 절대로 피하는 것이 필요하다.

5. 홍반작용

자외선이 인체에 대한 작용 중에서 옛부터 잘 알려져 있는 것은 홍반 혹은 일소이다. 여름에 해수욕에 가면 피부가 붉어지고 그 후 몇 일이 지나면 피부가 갈색이 되는 것은 잘 알려져 있다. 이 작용은 태양의 빛 안에 포함되어 있는 자외선에 의한 것이다. 잘 관찰하면 태양의 빛의 조사를 받은 직후에 피부가 붉어지는 과정과 1~2일 정도가 지나고 나서 피부가 서서히 흑갈색이 변해가는 과정으로 나눌 수 있다. 의학·생리학적으로 이 2개의 과정은 각각 다른 현상이며, 전자를 "홍반" 후자를 "색소침착" 이라고 불러 구별하고 있다.

홍반은 자외선에 노출 후 3~4시간 이후에 나타나 12~24시간 후에는 절정에 다다르며 72시간 후에는

사라진다. 30세 이전보다 60세 이후가 첫 24시간 내에 홍반의 증상의 덜 강하고 덜 심하게 나타나지만 고령이 될 수록 오래 지속된다. 홍반은 파장 280~320(nm)의 자외선의 조사에 의해 생기지만, 파장 320~400(nm)의 자외선을 조사하면, 홍반을 일으키는 일 없이 멜라닌 색소를 증가시킬 수가 있다. 붉은 반점의 자극에 의해 생기는 멜라닌 색소의 증가를 "제2차 색소침착", 파장 320~400(nm)의 자외선에 의해 생기는 멜라닌 색소의 증가를 "직접 색소침착"이라고 불러 구별하고 있다.

색소침착은 자외선에 피부가 노출되어 검어지는 현상이다. 이는 피부 내에 있는 멜라닌 색소가 생성되어서 나타나는 것이 아니라 자외선에 의해 멜라닌이 산화되고, 멜라닌 세포내의 멜라노솜이 수지상 돌기를 통하여 기저 세포로 이동하기 때문에 생기는 것이다. UV-B에 의한 색소침착은 산소량과 관계없이 생기지만, UV-A에 의한 색소침착은 피부에 산소가 결핍되었을 때는 생기지 않는다. 즉각 피부 색소침착은 UV-A와 가시광선에 의해 생길 수 있는데 소량의 자외선 노출 후 즉시 나타났다가 수분 내에 사라진다. 많은 양의 자외선을 쏘인 후에는 색소침착이 좀 더 오래 지속되고 지연 색소침착과 혼합되어 나타난다. 지연 색소침착(뺨뺨)은 자외선 노출 후 72시간이 지난 후 색소침착이 나타나며, 주로 UV-B에 의해 발생되나 UV-A에 의해서도 가능하다. UV-A에 의한 경우 UV-B가 홍반을 일으키는 자외선의 양만큼 강한 조사가 필요하다. 다시 말해 UV-B보다 더 많은 양의 UV-A에 노출되어야 색소침착이 온다. 통상, 홍반이 생기면 피부가 얼얼해 표피의 일부가 벗겨져 떨어지거나 심할 때는, 피부가 화상과 같은 상태가 된다. 이러한 경우를 피하고 싶을 때에는 햇빛이 가장 강한 오전 10시에서 오후 3시의 시간대에 활동을 가급적 피하거나 UV 방지형 화장품과 같은 광선 차단제를 바른다.

자외선 지수의 범위별 자외선강도와 평균 홍반 생

성시간 (피부민감도가 보통인 사람의 경우)은 다음과 같다.

표 1. 자외선 강도와 홍반 생성기간

9.0 이상	자외선강도가 매우 강함. 20분 내의 피부노출 시 홍반 생성
7.0~8.9	자외선 강도 강함. 30분 내의 피부노출 시 홍반 생성
5.0~6.9	자외선 강도 보통. 1시간 내의 피부노출 시 홍반 생성
3.0~4.9	자외선 강도 낮음. 100분 내의 피부노출 시 홍반 생성
0.0~2.9	자외선 강도 매우 낮음. 2~3시간 내의 피부노출 시 홍반 생성

6. 프레온에 의한 오존층의 파괴와 자외 방사의 관련

대기의 성층권에는 다량의 오존(O₃)이 존재하는 층이 있는데, 이 층을 오존층이라고 한다.

오존이 지표면이 존재할 경우 인간의 건강에 해로운 물질이지만 실제로 지표에서 15~50(km)의 높이에 많은 비율을 차지하고 있다. 이 오존층에서는 지구상에 사는 생물들에게 치명적인 영향을 주며 강한 에너지를 가진 자외선의 대부분이 흡수되어 생태계를 보호하는 역할을 하고 있다.

오존층에 존재하는 산소 분자는 100~200(nm)의 자외선을 흡수하여 2개의 산소 원자로 분리된다. 따라서 오존층에는 산소 원자(O), 산소 분자(O₂), 질소(N₂) 등이 존재한다. 각 기체 입자들은 서로 충돌하게 되며, 이때 산소 분자와 산소 원자는 다른 분자들의 촉매 작용에 의해 오존을 생성하게 된다. 오존은 불안정한 구조를 가지고 있으므로 주로 200~300(nm)의 자외선을 흡수하여 다시 산소 원자와 산소 분자로 분리된다. 이와 같이 오존 분자와 산소 분자는 생성과 소멸 과정을 반복하게 되어 자연적으로는 항

특집 : 자외선 응용기술

상 평형 상태를 유지하려 하지만 조금씩 이 균형이 파괴되고 있다.

오존층 파괴는 인체와 동물에 악영향을 주게 된다. 오존층파괴로 대기 중 자외선의 양이 증가함에 따라 피부암과 백내장이 증가하게 된다. 오존농도가 1(%) 감소하면 자외선의 양은 2(%) 증가하고, 피부암은 3~4(%) 증가한다. 이에 따라 매년 약 5만명의 환자가 발생하게 된다. 백내장은 오존 1(%) 감소시 0.6(%) 증가하며, 매년 약 10만명 이상이 시력을 잃고 있다. 또한 오존층 파괴로 인한 자외선 증가는 식물과 플랑크톤의 엽록소를 파괴한다. 따라서 식물의 성장이 저해되고 농산물 수확이 감소된다. 또한 플랑크톤이 감소되어 해양의 먹이사슬이 파괴되는 등 해양생태계의 균형을 깨뜨리게 된다.

오존층 파괴를 일으키는 주 원인은 프레온 가스(CFCs)이다. 오존층이 프레온 가스(CFCs)에 의해 파괴된다는 사실을 알게 된 것은 1974년 모리나와 로우랜드 박사에 의해서이다. 그는 성층권 오존이 프레온 가스(CFCs)에 의해 파괴된다고 발표된 후 11년이 경과한 1985년에 영국 남극 조사팀의 관측 자료를 통해 프레온 가스는 오존 파괴의 주범으로 입증되었고 성층권 화학에 중요한 기체로 등장하게 되었다.

프레온 가스는 매우 안전하기 때문에 낮은 대기권에서는 분해되지 않으며 성층권까지 수송된 후 자외선에 의해 분해되어 오존 파괴의 촉매자로 작용하는 염소 분자(Cl)를 방출하게 된다($Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$). 오존층이 파괴된 후 염소는 재생되므로 하나의 염소 분자는 수천에서 수십만 개의 오존을 파괴할 수 있다.

7. 자외선과 암

7.1 피부에 미치는 영향

피부에 조사된 자외선은 1) 피부층의 경계에서 직

접 반사되거나, 2) 피부조직 내에서 세포, 섬유나 입자에 부딪친 후 산란되거나, 3) 흡수, 4) 투과되는 4가지 경로를 거치는데 이중에 흡수된 광선만이 광화학 반응을 일으켜 피부에 병을 일으킨다. 파장에 따라 피부의 침투 정도가 달라 파장이 긴 UV-A는 진피 깊숙이 침투하나 UV-B, UV-C는 파장이 짧으므로 침투도가 떨어진다. 그러므로 UV-A는 진피 반응이 심하게 나올 수 있고 UV-B는 비교적 표피 반응을 심하게 일으킬 수 있다. UV-A는 주로 피부를 검게 하고(tanning reaction), UV-B는 일광화상(日光火傷)의 주원인이 되며 색소 침착도 촉진한다. UV-A가 UV-B와 같은 흥반 반응과 색소침착을 일으키기 위해서는 약 800~1000배 더 강한 에너지량이 필요하다. 그러나 UV-A도 장기적인 축적이 되었을 때의 일광 손상을 생각하면 UV-B 뿐만 아니라 UV-A의 피부 영향도 무시할 수 없다.

7.2 피부에 미치는 급성영향

자외선이 피부에 미치는 급성영향으로는 홍반(紅斑), 부종(浮腫), 동통(疼痛) 등의 염증(炎症) 소견이 나타나며, 세포 또는 분자 수준의 회복을 거친 후 표피와 각질이 두꺼워지거나 멜라닌(melanin) 색소 침착이 증가하는 반응을 보인다. 만성으로는 일광탄력섬유증(solar elastosis), 일광변성(solar degeneration), 일광각화증(solar keratosis) 등의 병변으로 나타나고 더 나아가서 편평상피세포암(squamous cell carcinoma), 기저세포암(basal cell carcinoma), 흑색종(melanoma)과 같은 피부 악성 종양을 일으킬 수 있다.

7.3 자외선에 의한 암

앞서 언급한 같이 자외선은 인체에 있어서 피부암, 홍반, 그리고 눈의 손상을 발생시킬 수 있으며 동식물과 해양 생물에 이러한 질병과 다른 악영향의 발생은

태양 자외선의 증가 정도에 따라 증가된다. 장기간에 걸쳐 반복되는 태양 자외선, 특히 UV-B에 대한 노출은 민감한 백인에 있어서 비흑색종 피부암(non-melanoma skin cancers ; NMSC)의 위험과 관련이 있는 반면에 강하고 단속적인 UV-B에 대한 노출은 악성 흑색종(malignant melanoma ; MM)의 상당히 위험한 인자가 될 수 있다. 몇몇 나라에서 최근 수년 동안 피부암 발병이 늘고 있다고 보고되고 있다. 이러한 경향은 일차적으로 개인적 노출의 증가로 인한 것으로 생각할 수 있다. 피부암은 동양인에서는 그렇게 흔하지 않으나, 미국에서는 가장 흔한 암으로서 매년 40~50만명의 신환자가 발생하고 있다. 서울대학교 병원 피부과에서의 피부암 발생 빈도도 70년대에는 외래 신환자의 0.2[%] 정도였으나, 80년대에는 0.4~0.8[%]를 차지하고 있다. 최근 보고된 1990년부터 1995년까지의 피부암 발생 빈도는 외래 신환자의 1.02[%]를 차지하여 계속적으로 증가하는 양상을 나타내고 있다(자외선에 의한 인체 피부반응. 윤재일, 1998).

7.3.1 흑색종 피부암

피부암 중 가장 심각한 피부암인 흑색종은 신체의 다른 부분으로 빨리 퍼지지만, 초기단계에서 발견되면 거의 대부분 치료할 수 있다. 그러나 일찍 치료되지 않는다면 흑색종은 가끔 치명적일 수도 있다. 악성 흑색종은 피부 어디에서나 발생하지만 특이한 사실은 평소에 별로 신경쓰지 않는 발바닥에서 많이 발생한다는 것이다. 그 외 악성흑색종이 많이 발생하는 부위는 얼굴, 종아리, 손발톱 부위, 체간, 손바닥 등이다. 악성 흑색종은 뇌, 허파, 간 등 다른 곳으로 암세포가 쉽게 전이되어 사망률이 높다.

7.3.2 비흑색종 피부암

흑색종과는 달리 비흑색종 피부암은 그다지 치명적

이지는 않다. 그럼에도 불구하고 그것을 가볍게 여겨서는 안된다. 그것이 퍼질 때까지 치료하지 않는다면 건강에 심각한 문제가 생기게 된다. 1994년에 약 900,000명의 미국인들이 비흑색종 피부암에 걸렸으며, 그 질병으로 1,200명이 사망했다. 비흑색종 피부암은 초기에 발견하여 치료했을 때 높은 치료율을 보인다. 증상을 유심히 살펴보고 초기 단계에서 암을 발견하는 것이 중요하다. 비흑색종 피부암은 다음 두 가지로 분류된다. 첫째가 기초 세포 악성종양(Basal Cell Carcinomas)이다.

이것은 보통 머리나 목에 작은 돌출 부위나 혹이 나타나는 피부의 종양이지만 다른 피부 부위에서도 마찬가지로 발견될 수 있다. 그것이 피부가 좋은 사람들에게서 발견되는 피부암이라는 것은 많이 알려져 있다. 기초 세포 악성종양은 빨리 성장하지 않으며 신체의 다른 부분으로 잘 퍼지지 않는다. 그러나 살갓을 태울 때 피부에 침투해 무시할 수 없는 부분 손상을 일으킬 수도 있다. 둘째는 비늘모양 세포 악성종양(Squamous Cell Carcinomas)이다. 이것은 혹이나 붉은 비늘모양의 조각처럼 나타나는 종양이다. 이것 역시 피부가 좋은 사람들에게 찾아볼 수 있는 피부암이고, 검은 피부를 가진 사람들에게는 잘 발견되지 않는다. 이 암은 커다란 덩어리로 발달할 수 있고, 기초 세포 악성종양과는 달리 신체의 다른 부분에 퍼질 수도 있다.

8. 자외방사의 안전기준

표 1에 나타낸 것처럼, 자외방사는 공업분야에 많은 응용이 되지만 기본적으로 큰 에너지를 가지고 있어 인체에 대해서는 조사 부위에 관계없이, 어느 한도 이상의 조사는 절대적으로 피할 필요가 있다. 광 방사 조사 허용량의 안전기준에 관해서는 국제규격화(IEC-CIE 규격화)한 작업이 1997년부터 IEC 및 CIE에서 진행되어, 2002년에 기본적 총칙 부분에

표 3. 광원의 안전기준의 대상

대상과 상해의 종류	내 용	대상파장역(nm)	기준 물리량
1. Actinic(화확선 작용이 있는) UV, skin& eye	피부와 눈의 각·결막에 대한 급성의 상해 [붉은 반점 자외성안염]	200~400	유효방사조도
2. Near UV, eye	근자외방사에 의한 수정체의 상해(UV-A 백내장)	315~400	방사조도
3. Retinal blue light hazard	청색광 망막 상해	300~700	유효방사조도
4. Retinal blue light hazard, - small source($\alpha \leq 0.011$)	청색광 망막 상해(발광부가 작은 광원)	300~700	유효방사조도
(Retinal blue light hazard, - aphakic eye)	청색광 망막 상해(수정체가 없는 눈의 경우)	300~700	유효방사조도
(Retinal blue light hazard, - small source, aphakic)	청색광 망막 상해(수정체가 없는 망막의 경우, 발광부가 작은 광원)	300~700	유효방사조도
5. Retinal thermal hazard	망막에 대한 열적상해	380~1400	유효방사조도
6. Retinal thermal hazard, - weak visual stimulus	망막에 대한 열적상해(가시방사에 거의 없는 경우)	780~1400	유효방사조도
7. infrared radiation hazard, eye	적외 방사에 의한 각막 및 수정체와의 장애	780~3000	방사조도
8. Thermal hazard, skin	피부의 열적 상해	380~3000	방사조도

관하여 CIE 가맹 각국의 투표에 의해 인정되어 CIE 규격으로서 제정·공시 되었다. 또 국가에 의해서는 독자적인 국가 기준을 제정하고 있는 나라도 있다. 각국의 국가 기준 가운데는 미국의 ANSI 규격은 대표적인 것이고, 앞에서 말한 CIE 국제규격이 기본이 되어 있다. 이 CIE 규격에 의한 광원(자외방사)의 안전 기준의 기본적 사고방식은 아래 내용에 그 기반을 두

고 있다. 즉 광 방사에 의한 인체의 생체적 상해 가운데에서 현재까지 생체적·병리적으로 어느 정도연구가 진행되고 있는 10 종류의 상해를 대상으로 취하고 있다. 표 4에 이들 10 종류의 상해에 관하여 정리한 것을 나타내었다.

또한 이러한 각종 상해의 작용 스펙트럼, 상해의 반응을 일으키는 최소의 물리량, 반응을 일으키는 최

표 4. 광원 안전기준의 Risk-Group 구분

그룹구분	구분의 concept(개념)
Risk 면제	필요 기준으로서의 예를 들자면 8시간의 조사를 받아도 눈이나 피부에 급성의 상해를 주는 것이 없고, 10000초(2.8시간) 응시해도, 청색광 망막 상해가 생기는 것이 없는 광원은 이 그룹으로 구분이 된다.
Risk group 1 (낮은 Risk)	통상 일반적 행동 조건으로서의 조사 범위 안에 광 생물적 상해가 생길 가능성이 없는 광원, 구체적 필요 기준으로서의 리스크 면제 그룹의 수준을 넘어선다. 예를 들자면 10000(2.8시간)의 조사를 받아도, 눈이나 피부에 급성의 상해를 주는 것이 없고, 100초간 응시해도 청색광 망막 상해가 생기는 것이 없을 것 같은 광원은 이 그룹으로 구분이 된다.
Risk group 2 (중간 Risk)	고휘도로 기인한 망막감이나 열적 불쾌감이 없는 경우에도 상해를 얻을 가능성이 있는 광원. 구체적 필요 조건으로서, RG-1의 수준을 넘어선다. 예를 들자면 1000초의 조사를 받다도 눈이나 피부에 급성의 상해를 주는 것이 없고, 0.25초간 응시해도 청색광 망막 상해가 생기는 것이 없을 것 같은 광원은 이 그룹으로 구분이 된다.
Risk group 3 (높은 Risk)	순간적인 또는 상당히 단시간의 조사를 받아도(또는 응시해도) 광 생물적 상해가 생기는 위험성이 있는 광원. RG-2의 수준을 넘어서는 광원은 이 그룹으로 구분된다.

소의 물리량을 정하기 위해 기준으로한 물리량 및 그 단위등의 상세한 것에 대하여는 상기 CIE 규격의 규격서 본문의 참조하길 바란다. 실제의 광원으로부터의 방사의 위험(risk)평가에 대해서는, 평가한 환경 조건을 규정하고(일반조명용의 경우는, 조도 : 500[lx]. 그 밖의 경우는, 광원의 외관벨브로부터의 거리 : 200[mm]), 그것과 상해 발생의 반응을 일으키는 최소의 물리량으로부터 그 장소에서 최장 체류 시간을 구하고, 그 시간에 의하여 리스크 그룹 구분을 한 것으로 하고 있다. 이 리스크 그룹 구분과 구분의 개념을 표 5에 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] 지철근 외 4인, 조명환경원론.
- [2] 河本 康太郎, 일생생활에 있어서 자외방사(UV)의 응용과 안전성, 일본조명학회지 Vol. 88, No. 4, 2004.
- [3] CIE S 009.2/E, Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems, 2002.

◇ 저 자 소 개 ◇



김응식(金應植)

1961년생. 1991년 서울대학교 대학원 전기공학과(박사). 현재 호서대학교 안전시스템전공 교수.