

물리적 유해인자의 허용량

가톨릭의대 산업의학연구소
환경위생과장 김 정 만

2. 전리방사선 (Ionizing Radiation)

레이저광 (LASERS)

레이저광 폭로의 허용치는 모든 근로자들이 이에 폭로되더라도 건강장해를 일으키지 않는 조건을 말한다. 이 기준치는 폭로를 규제하는 지침으로 사용할 것이며 안전과 위험을 구분하는 기준으로 생각해서는 안된다. 이 허용치는 실험적 연구를 통해서 정해진 것이다.

(1) 구경의 제한 (Limiting Apertures)

레이저광의 허용치는 구경 1mm의 수광면의 평균방사 에너지밀도 또는 평균방사 power 밀도로 표시된다. 다만 파장이 400~1,400nm인 레이저광의 눈에 대한 허용치는 7mm 구경 (동공) 에 대한 평균치이다. 동공의 크기가 7mm이하더라도 허용치에는 변동이 없다. 0.1~1mm의 파장에 대해서는 10mm로 한다.

“ extended source ” 에 대한 허용치는 폭로시간에 따라서 변동하는 (표 1) α 보다 큰 각을 갖는 source 들에도 적용한다. 이 작은 발광원에서 광속의 발산을 뜻하는 것은 아니다.

(2) 눈에 대한 폭로시의 수정인자 A 및 B (correction factors ; C_A and C_B)

표 2 및 표 3에 표시한 허용치는 모든 파장의 레이저광에 대한 것이다.

700~1,049nm사이의 파장에 대한 허용치는 그림 1에 표시한 수정인자 (C_A) 를 더한다. 1,049nm~1,400nm사이의 파장에 대

표 1 Extended source 의 허용치를 적용하는데 이용될 extended source 각도제한 (limiting angle)

폭로기간 (초)	각도 α (mrad)
10^{-9}	8.0
10^{-8}	5.4
10^{-7}	3.7
10^{-6}	2.5
10^{-5}	1.7
10^{-4}	2.2
10^{-3}	3.6
10^{-2}	5.7
10^{-1}	9.2
1.0	15
10	24
10^2	24
10^3	24
10^4	24

한 허용치는 수정인자 5만큼 커진다. 550nm~700nm사이의 파장에 폭로될 때는 수정인자 C_B 를 적용한다.

표 2 눈이 직접폭로 될때의 레이저광의 허용치 (intrabeam viewing)

분광부위	파 장	폭로시간(t)초	허 용 치
UVC	200 nm to 280 nm	10^{-9} to 3×10^4	$3 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
UVB	200 nm to 302 nm	"	3 "
	303 nm	"	4 "
	304 nm	"	6 "
	305 nm	"	10 "
	306 nm	"	16 "
	307 nm	"	25 "
	308 nm	"	40 "
	309 nm	"	63 "
	310 nm	"	100 "
	311 nm	"	160 "
	312 nm	"	250 "
	313 nm	"	400 "
	314 nm	"	630 "
UVA	315 nm to 400 nm	10^{-9} to 10	$56 t^{\frac{1}{4}} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	" "	10 to 10^3	$1.0 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	" "	10^3 to 3×10^4	$1.0 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$
Light	400 nm to 700 nm	10^{-9} to 1.8×10^{-5}	$5 \times 10^{-7} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	400 nm to 700 nm	1.8×10^{-5} to 10	$1.8 (t/\sqrt[4]{t}) \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
	400 nm to 549 nm	10 to 10^4	$10 \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
	550 nm to 700 nm	10 to T_1	$1.8 (t/\sqrt[4]{t}) \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
	550 nm to 700 nm	T_1 to 10^4	$10 C_B \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
	400 nm to 700 nm	10^4 to 3×10^4	$C_B \mu \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$
IR-A	700 nm to 1049 nm	10^{-9} to 1.8×10^{-5}	$5 C_A \times 10^{-7} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	700 nm to 1049 nm	1.8×10^{-5} to 10^3	$1.8 C_A (t/\sqrt[4]{t}) \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
	1050 nm to 1400 nm	10^{-9} to 10^{-4}	$5 \times 10^{-6} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	1050 nm to 1400 nm	10^{-4} to 10^3	$9 (t/\sqrt[4]{t}) \text{ mJ} \cdot \text{cm}^{-2}$
IR-B&C	700 nm to 1400 nm	10^3 to 3×10^4	$320 C_A \mu \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$
	1.4 μm to $10^3 \mu\text{m}$	10^{-9} to 10^{-7}	$10^{-2} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
	" "	10^{-7} to 10	$0.56 \sqrt[4]{t} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
" "	10 to 3×10^4	$0.1 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$	

C_A - See Fig.1

$C_B = 1$ for $\lambda = 400$ to 549 nm ; $C_B = 10^{\{0.015(\lambda-550)\}}$ for $\lambda = 550$ to 700 nm .

$T_1 = 10 \text{ s}$ for $\lambda = 400$ to 549 nm ; $T_1 = 10 \times 10^{\{0.02(\lambda-550)\}}$ for $\lambda = 550$ to 700 nm .

피부폭로에 대한 허용치는 표 4 와 같다.
700nm~1,400nm사이의 파장에서는 허용치는 그림 1 에 표시한 수정인자를 더한다.

료는 얻기 어려우므로 이에 폭로되는 것을 평가할 때에는 주의하여야 한다. 다발성 펄스 광에 조사 (irradiance) 또는 폭로되는 것으로 부터 보호하는 기준에는 다음과 같은 제한이 있다.

(3) 반복성 펄스 레이저광 (Repetitively Pulsed Lasers)

다발성 펄스 레이저광에 관한 실험적 자

표 3 Laser 광의 반사광 또는 extended source laser 광을 볼 때의 허용치

분광부위	파 장	폭로시간(t)초	허 용 치
UV	200 nm to 400 nm	10^{-9} to 3×10^4	Same as Table 2
Light	400 nm to 700 nm	10^{-9} to 10	$10 \sqrt[3]{t} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	400 nm to 549 nm	10 to 10^4	$21 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	550 nm to 700 nm	10 to T_1	$3.83 (t/\sqrt[4]{t}) \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	550 nm to 700 nm	T_1 to 10^4	$21 C_B \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
IR-A	400 nm to 700 nm	10^4 to 3×10^4	$2.1 C_B t \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	700 nm to 1400 nm	10^{-9} to 10	$10 C_A \sqrt[3]{t} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	700 nm to 1400 nm	10 to 10^3	$3.83 C_A (t/\sqrt[4]{t}) \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
IR-B&C	700 nm to 1400 nm	10^3 to 3×10^4	$0.64 C_A \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
	$1.4 \mu\text{m}$ to $10^3 \mu\text{m}$	10^{-9} to 3×10^4	Same as Table 2

C_{A1} C_{B1} and T_1 are the same as in footnote to Table 2.

표 4 Laser 광의 피부폭로 허용치

분광부위	파 장	폭로시간(t)초	허 용 치
UV	200 nm to 400 nm	10^{-9} to 3×10^4	Same as Table 2
Light &	400 nm to 1400 nm	10^{-9} to 10^{-7}	$2 C_A \times 10^{-2} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
IR-A	" "	10^{-7} to 10	$1.1 C_A \sqrt[4]{t} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$
IR-A	" "	10 to 3×10^4	$0.2 C_A \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$
IR-B&C	$1.4 \mu\text{m}$ to $10^3 \mu\text{m}$	10^{-9} to 3×10^4	Same as Table 2

$C_A = 1.0$ for $\lambda = 400 - 700 \text{ nm}$; see Figure 1 for $\lambda = 700$ to 1400 nm .

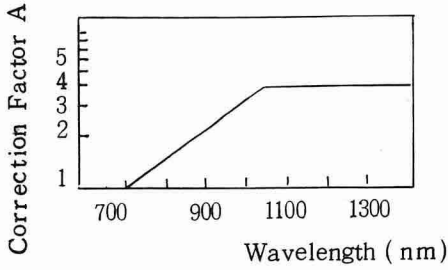


그림 1. 파장에 따른 수정인자 (눈)

(가) 계열중의 어떠한 1개의 펄스도 허용농도를 초과해서는 안된다.

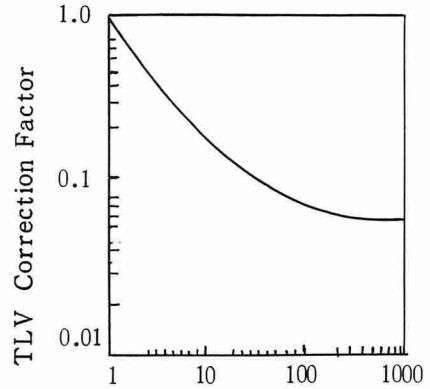
(나) 일련의 펄스의 평균 조사량은 이와 지속시간이 동일한 표 2, 3 또는 4에 표시한 단일 펄스의 보호기준에 국한한다.

(다) 순간적인 펄스 반복주기 (Pulse Repetition Frequency, PRF) 가 그 이상인 때는 각 펄스에 적용되는 보호기준은 펄스지속시간이 10^{-5} 초 이하인 때는 그림 2와 같이 보정하고 펄스 지속시간이 10^{-5} 초 이상인 펄스에 대하여는 다음 공식에 따른다.

$$\text{보호기준 (일련의 펄스중의 단일 펄스파)} = \frac{\text{기준 (펄스 nr)}}{n}$$

n : 일련의 펄스중의 펄스수

τ : 단일 펄스의 지속시간



Pulse repetition frequency PRF (HZ)

그림 2 펄스기간이 10^{-5} 초 이하인 반복성 펄스 laser 에 대한 수정인자. 단 일펄스에 대한 허용치에 이 수정인자를 곱한다. PRF가 1,000 Hz 이상인 때의 수정인자는 0.06 이다.

원 고 모 집 안 내

- 산업보건사업에 뜻을 같이 하는 여러분의 원고를 기다리고 있습니다. 많은 참여를 바랍니다.
- 원고내용 — 사업장 보건관리 성공사례 (200 자 원고지 10 매내외)
 - 산업보건에 관한 수상 (200 자 원고지 7 매이내)
 - 산업보건에 관한 법령질의 (200 자 원고지 5 매이내)
 - 게재된 원고에 대하여는 소정의 고료를 우송해 드리며, 제출된 원고는 반환하지 아니합니다.
 - 원고지는 200 자 원고지에 한글로 가로로 쓰시고 필요한 한자나 외국어는 괄호안에 기재하시고 집필자의 성명·주소 및 소속기관을 명기하여 주시기 바랍니다.
 - 보내실 곳 : 당 협회 본부 회보편집실