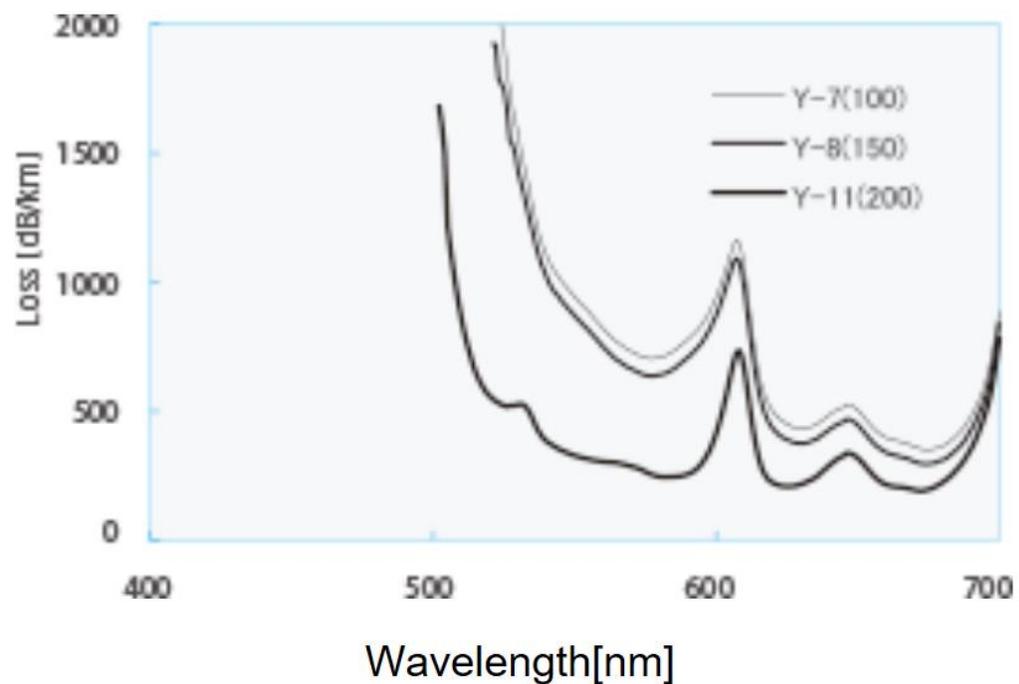


# DCV Simulation

최재민

# Calculate Attenuation length

- Y-7, Y-8, Y-11



데시벨의 정의  $dB = 10 \log \frac{P}{P_0}$  이므로,

$$\frac{P}{P_0} = 10^{\frac{-\alpha_{dB/km} L}{10}} \text{ 이라고 쓸 수 있다.}$$

한편, Attenuation length의 정의  $\frac{P}{P_0} = e^{-\frac{L}{l_0}}$  에서

$$l_0 = \frac{10}{\alpha_{dB/km} \times \log_e 10} [\text{km}] \text{ 으로 나타난다.}$$

# Proper Absorption Length

Amplitude가 1인 파장에서의 absorption length를  $l_0$ 라고 했을 때,  $l_0$ 의 거리를 이동한 뒤 빛의 세기는  $\frac{1}{e}$ 가 된다. 따라서 흡수된 빛의 세기는  $1 - \frac{1}{e}$ 가 된다.

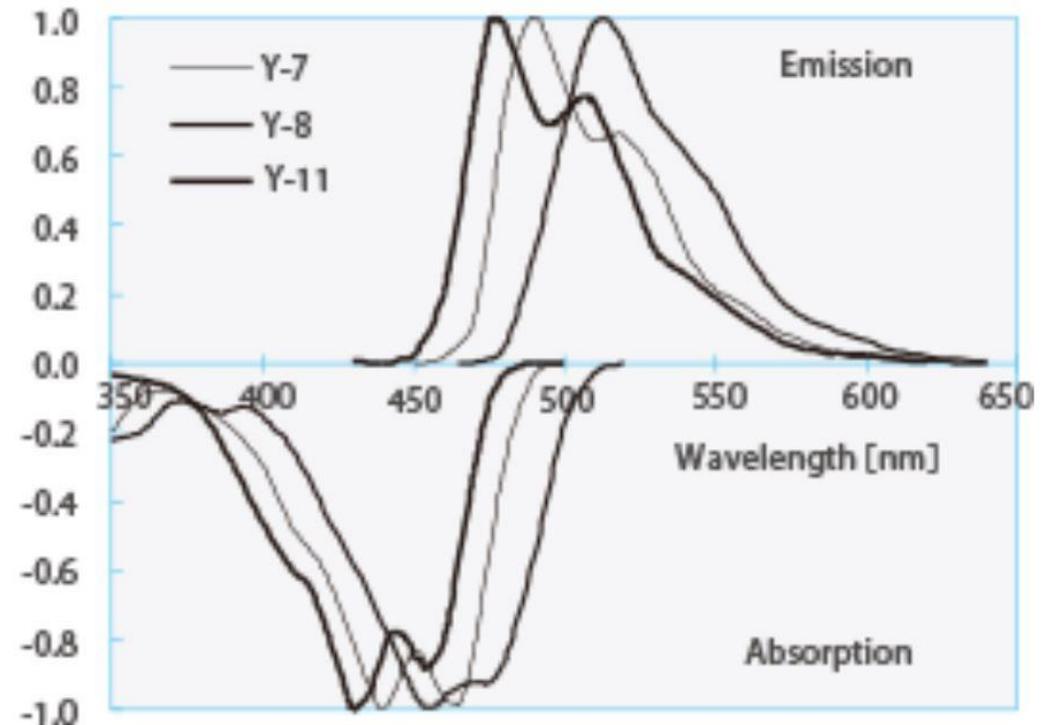
Amplitude가  $c$ 인 파장에서의 absorption length를  $l$ 이라고 했을 때, 같은 거리  $l_0$ 의 거리를 이동한 뒤 흡수된 빛의 세기는  $(1 - \frac{1}{e})c$  여야 하므로  $l$ 을 구하기 위한 식은 아래와 같다.

$$1 - e^{-\frac{l}{l_0}} = (1 - \frac{1}{e})c$$

따라서, 구하고자 하는  $l = -\frac{l_0}{\ln(1 - c(1 - \frac{1}{e}))}$  가 된다.

- 위의 공식에 맞게 WLSABSLENGTH를 설정한 뒤, 상수  $l_0$ 을 변경시키며 실험데이터와 유사한 값을 구할 수 있다.

## Y-7, Y-8, Y-11



# WLSABSLENGTH code

```
G4double WLS_absorption_length[] =  
{  
    0.03311, 0.04305, 0.05629, 0.07616,  
    0.10265, 0.12583, 0.16225, 0.23179,  
    0.30464, 0.37748, 0.45364, 0.52318,  
    0.59272, 0.62252, 0.65232, 0.72848,  
    0.80464, 0.88411, 0.96358, 1,  
    0.97351, 0.9404, 0.86093, 0.8245,  
    0.79139, 0.77815, 0.80132, 0.82119,  
    0.8543, 0.85099, 0.77152, 0.64901,  
    0.56623, 0.48675, 0.40397, 0.3245,  
    0.24172, 0.16225, 0.08278, 0.01987,  
    0.00001, 0.00000001  
};
```

---

```
G4double Parameter_length = .01 *mm;  
for (G4int i = 0; i < Entry_WLS_abs; i++)  
{  
    WLS_absorption_length[i] = - Parameter_length/(TMath::Log(1.- WLS_absorption_length[i] * 0.632121));  
}  
WLS_fiber_core_mpt->AddProperty("WLSABSLENGTH", WLS_absorption_photon_energy, WLS_absorption_length, Entry_WLS_abs);
```

# Simulation 결과

- Amplitude가 1인 파장에서의 Absorption length  $l_0$  가 0.1mm라고 뒀을 때 나타난 결과

```
G4WT0 > Arrive Time : 0.00448039
G4WT0 > Arrive Time : 0.0034271
G4WT0 > Arrive Time : 0.0288629
G4WT0 > Arrive Time : 1.13042
G4WT0 > Number of Scintillation photons produced in this event : 10127
G4WT0 > Number of Cerenkov photons produced in this event : 58
G4WT0 > Number of WLS photons produced in this event : 2904
G4WT0 > 7295<- the number of photon which goes in fiber
G4WT0 > 3<- the number of photon which arrive at MPPC1
G4WT0 > 1<- the number of photon which arrive at MPPC2
```

```
*****
*      Row      * Wavelength * Arrivetim *
*****
*           0 * 516.47849 * 0.0044803 *
*           1 * 491.21014 * 0.0034270 *
*           2 * 507.84869 * 0.0288629 *
*****
```

```
*****
*      Row      * Wavelength * Arrivetim *
*****
*           0 * 478.52683 * 1.1304182 *
*****
```

# Absorption Ratio

Critical Angle for total reflection in WLS fiber

- Refractive Index of core : 1.59
- Refractive index of cladding : 1.49

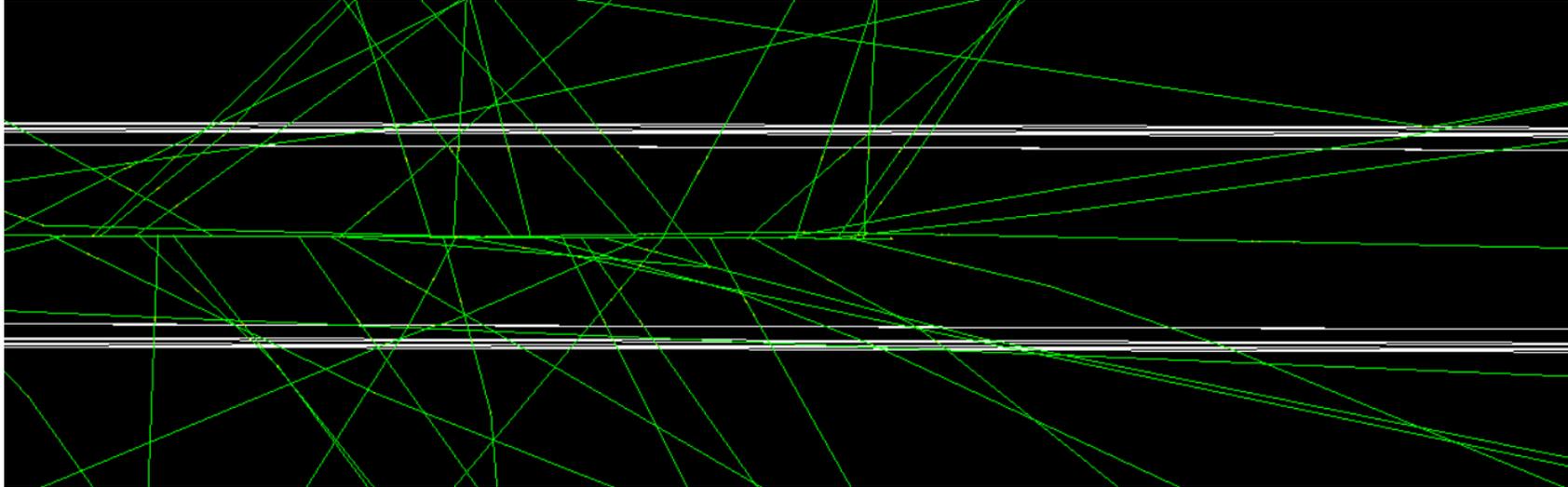
$$\text{critical angle } \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1.49}{1.59}\right) = 69.57^\circ$$

Assume that there is no attenuation and emission occurs isotropically. Probability for total reflection is

$$P = \frac{2 \times \int_0^{2\pi} \int_0^{20^\circ} \sin\theta d\theta d\phi}{\int d\Omega} = \frac{2 \times 0.06}{2} = 6\%$$

- WLS Process의 수 : 2904
- MPPC에 도달한 photon 수 : 4
- WLS Process 수와 WLS fiber에서 re-emission 된 photon이 전반사로 이동할 확률을 고려했을 때, MPPC에 도달한 photon의 수는 평균 120개가 되어야 하지만 4개는 이보다 매우 작은 결과임을 알 수 있다.

# Visualization



- 원인을 확인하기 위해, fiber 안에서 optical photon을 100개 정도 쏘아주었을 때 absorption과 emission이 잘 이루어지는지 확인했다.
- 그 결과 WLS Process로써 absorption과 emission은 발생한 것을 확인할 수 있었지만, emission된 모든 optical photon이 전반사 없이, fiber 밖으로 나아가 버리는 것을 확인할 수 있었다.

# Solution : SetSpline(true)

- Optical photon이 전반사가 일어나지 않는 이유가 굴절률이 모든 파장에 대해 제대로 나타나 있지 않다고 생각되었다.

- 따라서 각 물질에 굴절률을 부여하는 명령어의 맨 끝에  
" -> SetSpline(true);"

를 써 줌으로써, 해당 굴절률의 값을 연장 시켜 해결할 수 있었다.

- 참고 : SetSpline이란, Linear interpolation(선형보간법, 즉 앞의 값들을 바탕으로 하여, 함수가 직선이라고 가정하여 나머지 함수값을 추정하는 방법)을 통해 정의되지 않은 구간의 값을 유추하여 넣는 명령어이다.
- 이번에 SetSpline을 사용한 것은 Refractive index로, 파장에 따라 크게 변화하지 않는다고 가정했고, 따라서 상수 함수임으로 SetSpline을 사용하여 설정할 수 있다.

```
G4double Refractive_index_cladding[] =  
{  
    1.49, 1.49, 1.49, 1.49,  
    1.49, 1.49, 1.49, 1.49,  
    1.49, 1.49, 1.49, 1.49,  
    1.49, 1.49, 1.49, 1.49,  
    1.49, 1.49, 1.49, 1.49,  
    1.49  
};  
WLS_fiber_cladding_mpt->AddProperty("RINDEX", PhotonEnergy, Refractive_index_cladding, Num_entry)->SetSpline(true);
```

