

2013.12.04

# 대기열역학 발표 초안

1차 수정본

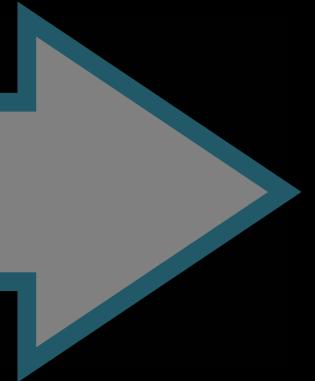
Ver. PPT 2013  
Font : HY견고딕

# Atmospheric Group 2 Thermodynamics

# Asteroid Impact

가석현  
김모현  
박도현  
최규식

# INDEX

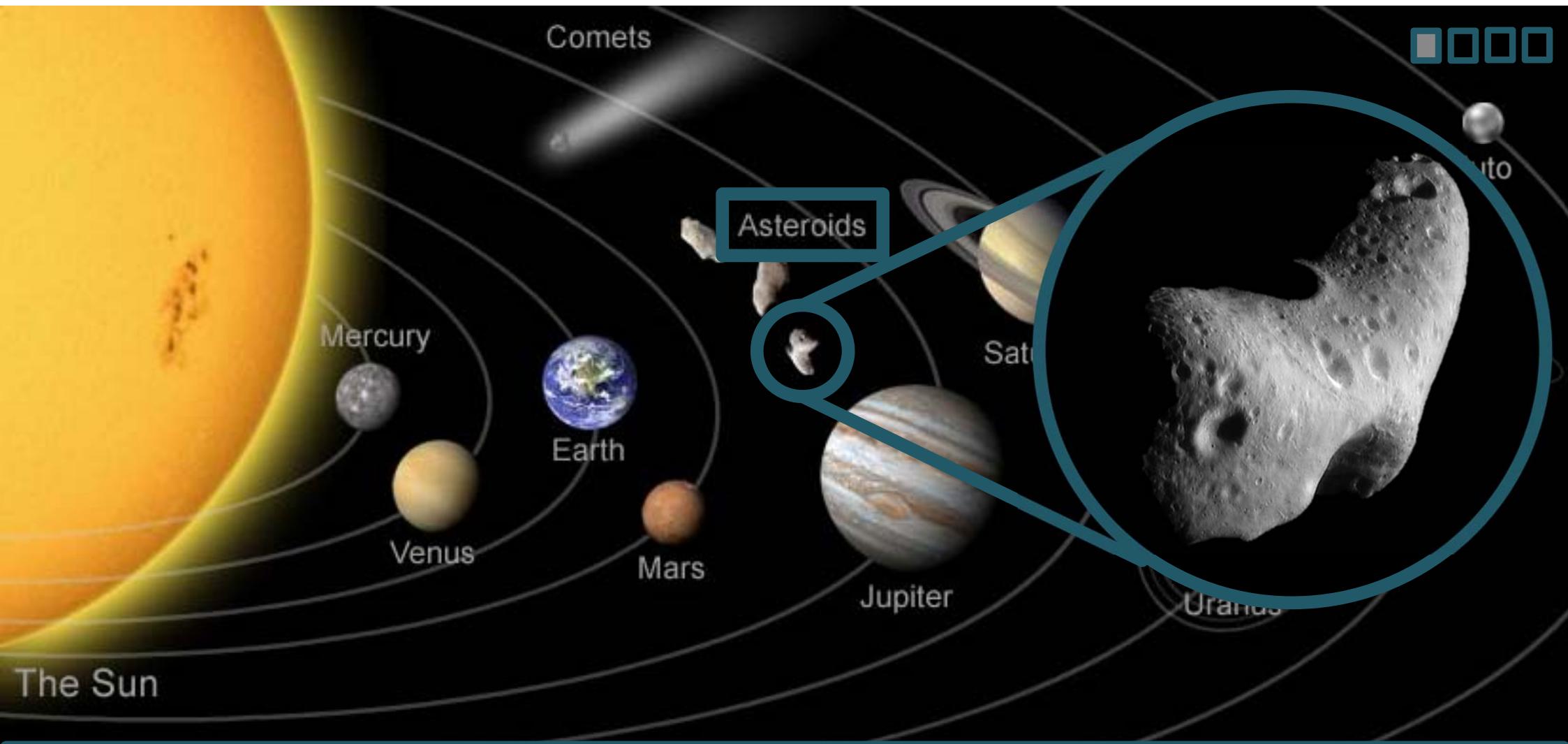


**Asteroid  
Introduction**

**Case 1.  
Impact on  
Ocean**

**Case 2.  
Impact on  
Land**

**Conclusion**



# Asteroid Introduction

[2032년 소행성, 지구와 충돌](#) 2500개 핵 폭탄 접근'…지구 산산조각 '파연' 스포츠월드 | 2013.10.23 (수) 오후 8:25 |

오는 2032년 소행성이 지구와 충돌한다. 최근 영국 일간지 데일리메일은 우크라이나 과학자의 말을 인용, "약 4000m 너비의 거대 소행성이 지구를 향하고 있으며, 오는 2032년 소행성과 지구가 충돌할 가능성이..."

[네이버에서 보기](#) | [관련기사 보기](#) | [이 언론사 내 검색](#)



['감자별' 충돌위기 소행성 궤도편입, 아비규환 벗어났다](#) 티브이데일리 | 2013.10.21 (월) 오후 9:25 |

이날 소행성의 충돌로 지구는 아비규환이 됐지만 소행성이 충돌을 멈추고 지구의 궤도에 편입했다는 소식이 전해지면서 안정을 찾았다. 결국 삶의 마지막을 준비하던 사람들은 다시금 정신을 차리고 살아남기...

[관련기사 보기](#) | [이 언론사 내 검색](#)

[2032년 소행성 지구와 충돌 가능성 제기](#) 스포츠경향 | 2013.10.21 (월) 오전 10:45 |

2032년 소행성(운석)이 지구와 충돌할 가능성이 있다는 관측이 제기됐다. 우크라이나 천문학자들이 처음 발견해 '2013 TV135'로 명명한 411m(1350피트) 길이의 소행성은 지난달 16일 지구에서 676만km(420만마일)...

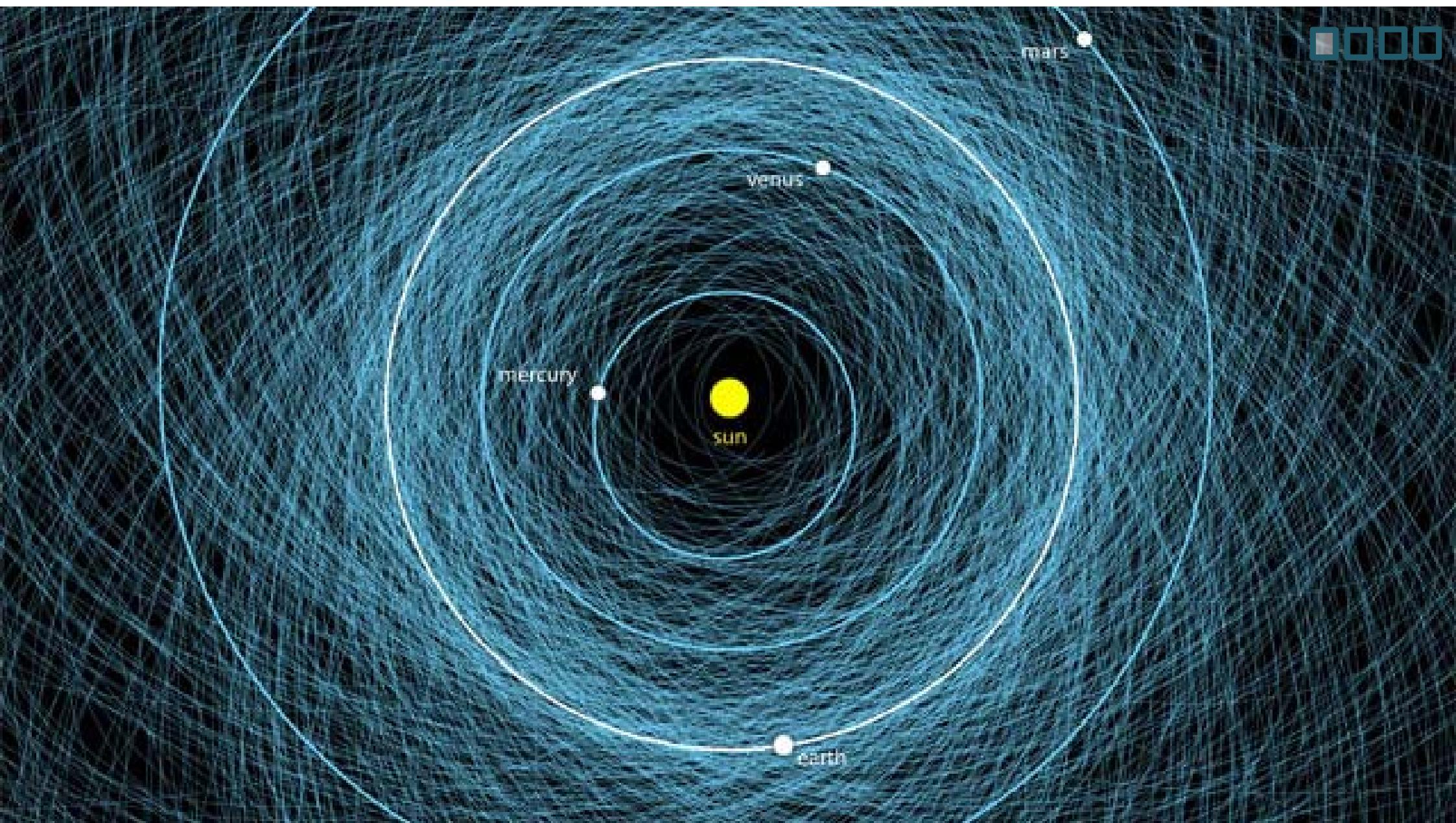
[네이버에서 보기](#) | [관련기사 보기](#) | [이 언론사 내 검색](#)



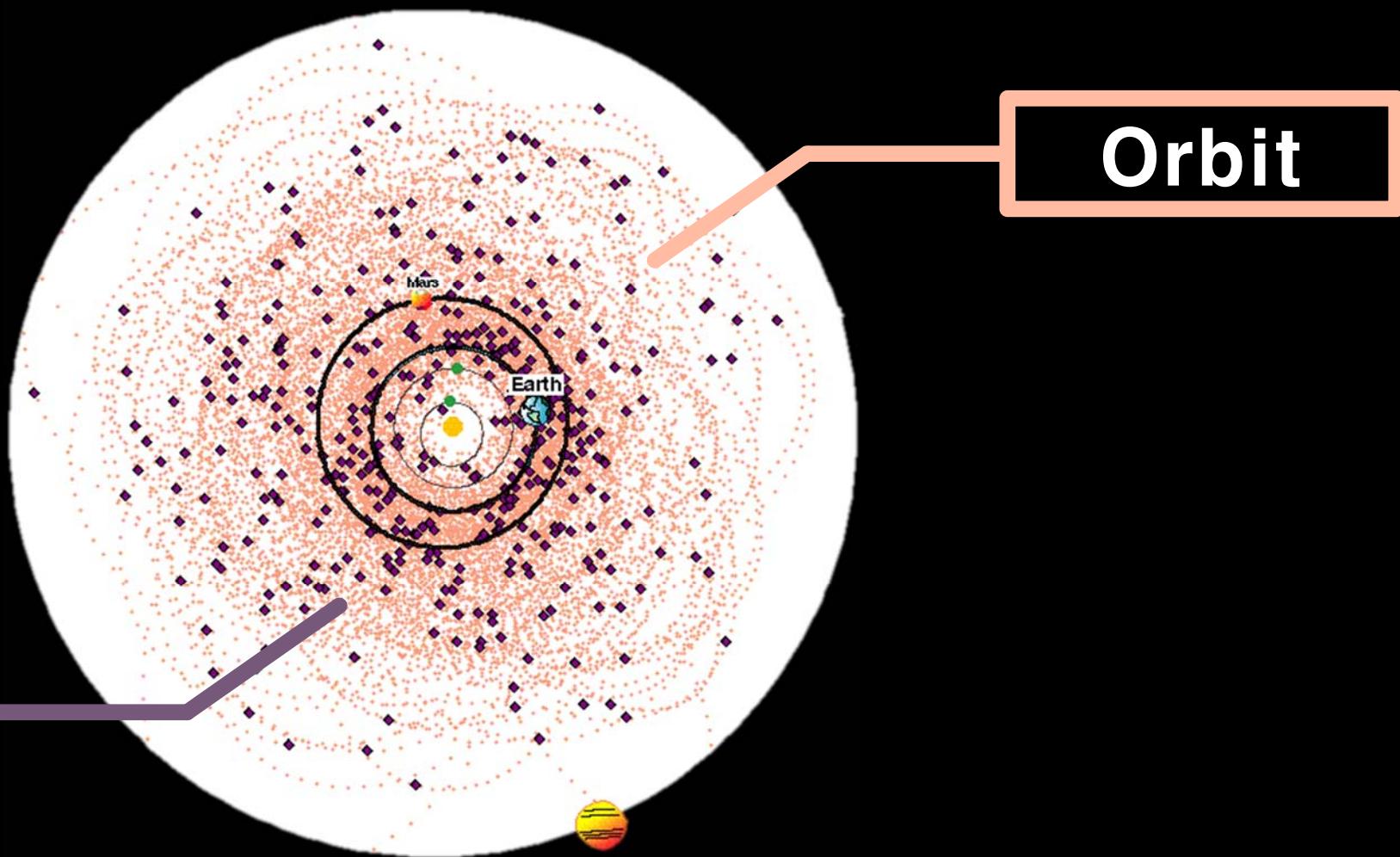
[소행성 19년뒤 지구와 대충돌?](#) 이데일리 | 2013.10.21 (월) 오전 10:18 |

NASA는 설명에서 "바꿔 말하면 이 소행성이 지구와 충돌하지 않고 비켜갈 확률이 99.998%"라며 "소행성 크기가 1~2km를 넘는다면 지구 전체에 충격을 줄 수 있지만 이 소행성은 그보다 작다"고...

[네이버에서 보기](#) | [관련기사 보기](#) | [이 언론사 내 검색](#)



# NEAs [Near Earth Asteroid]





## 소행성의 물리량

$$m = 1 \times 10^{15} \text{ kg}$$

$$v = 15,000 \text{ m/s}$$

$$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3 \text{ (철질운석)}$$

$$R = 5 \text{ km}$$

$$T = 20 \text{ K}$$

## 소행성의 에너지

$$E_M = E_k + E_p$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \int_{6400\text{km}}^{\infty} G \frac{Mm}{r^2} dr$$

## 역학적 에너지

$$E_M = \frac{1}{2}(1 \times 10^{11})(15000)^2 + (6.67 \times 10^{-11})(5.97 \times 10^{24})(1 \times 10^{11}) \\ = 2.27 \times 10^{23} \text{ J}$$

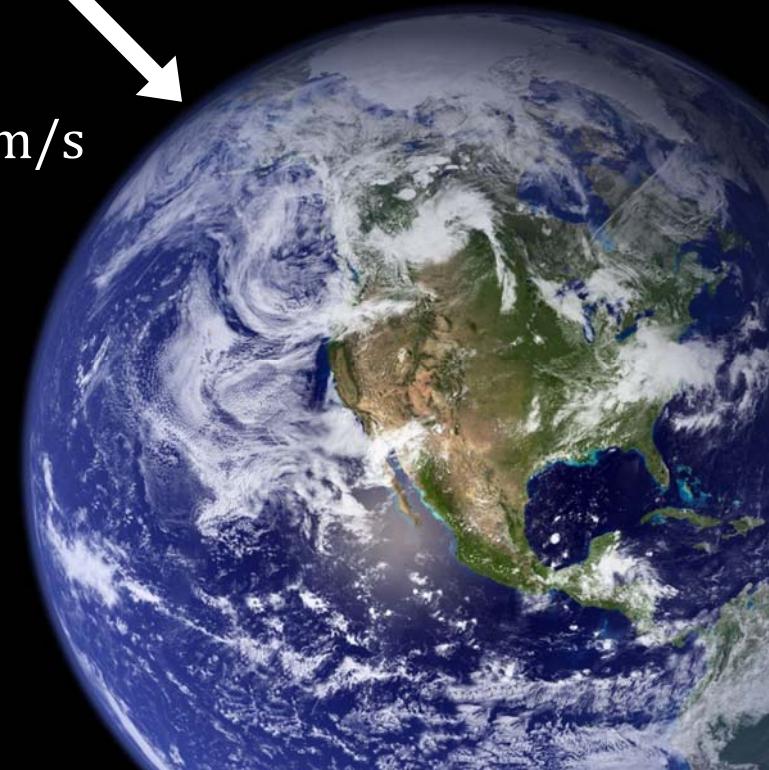
# Case 1. Impact on Ocean

$$\begin{aligned}F_{drag} &= \frac{1}{2} C \rho A v^2 \\&= \frac{1}{2} (1)(5\text{km}^2\pi)(15000)^2 \rho \\&= (8.82 \times 10^{15})\rho J\end{aligned}$$

고도(km)	공기의 밀도(kg/m <sup>3</sup> )
30-20	0.04
20-10	0.15
10-5	0.31
5-0	0.6



$$\begin{aligned}v_i &= 15,000 \text{ m/s} \\v_f &= 14,800 \text{ m/s}\end{aligned}$$



## 대기와의 마찰

$$\begin{aligned}
 F_{drag}(\rho) &= \frac{1}{2} C \rho A v^2 \\
 &= \frac{1}{2} (1)(212^2 \pi) (15000)^2 \rho \\
 &= (8.82 \times 10^{15}) \rho
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{drag} &= 10000F_{drag}(0.04) + 10000F_{drag}(0.15) + 5000F_{drag}(0.31) + 5000F_{drag}(0.6) \\
 &= 5.70 \times 10^{19} \text{J} \quad \text{20%는 대기 중으로 소멸}
 \end{aligned}$$

$$W_f = 0.8W_{drag} = 4.56 \times 10^{19} \text{J}$$

**80%는 소행성의 표면을 승화시키는 열**

고도(km)	공기의 밀도( $\text{kg/m}^3$ )
30-20	0.04
20-10	0.15
10-5	0.31
5-0	0.6

## 소행성 표면의 증발

철의 비열 :  $c_{Fe} = 470 \text{J/kg}^{\circ}\text{C}$

소행성의 초기 온도:  $T = 20\text{K}$

철의 끓는점:  $T_{Melt,Fe} = 1535\text{K}$

철의 잠열(fusion):  $l_{f,Fe} = 270,000\text{J/kg}$

1kg을 증발시키는데 필요한 열:  $1535 \times 470 + 270000 = 982,050\text{J/kg}$

소행성 표면에서 승화한 양:  $m_{bye} = \frac{4.56 \times 10^{19}}{982050} = 4.64 \times 10^{13}\text{kg}$  [전체 질량의 3.6%]

## 해수의 증발

해수의 비열:  $4186 \text{ J/kg}$

해수의 잠열(vaporization):  $2413000 \text{ J/kg}$  [35% 기준]

해수의 유톤:  $283\text{K}$  ( $10^\circ\text{C}$ )

해수의 끓는점:  $373.64\text{K}$  [ $100.64^\circ\text{C}$ , 35% 기준]

해수의 증발하는 해수의 필요한 에너지:  $\frac{2.19 \times 10^{23}}{2.79 \times 10^6} \text{ J/kg}$

A  
역학적  
에너지

B  
대기  
마찰

C  
도달  
에너지

$$\mathbf{A : } E_M = E_k + E_p = 2.27 \times 10^{23} \text{ J}$$

$$\mathbf{B : } W_{drag} = 5.70 \times 10^{19} \text{ J} \quad [\text{일부는 대기로 손실. 일부는 표면을 승화}]$$

$$\mathbf{C : } W_e = [(2.27 \times 10^{23}) - (5.70 \times 10^{19})][0.964] = 2.19 \times 10^{23} \text{ J}$$



## 대기를 과연 **포화**시킬까?

증발한 해수가 지구 전체 지역에  
높이 **10km**까지 균질하게 퍼진다고 가정

대기의 부피:  $\frac{4}{3}\pi(6400\text{km} + 10\text{km})^3 - \frac{4}{3}\pi(6400\text{km}) = 5.16 \times 10^{18}\text{m}^3$

해수의 수증기압:  $e = \frac{m}{V} R_v T = 209189\text{mb}$

포화수증기압( $25^\circ\text{C}$ ):  $6.11 \exp\left(19.83 - \frac{5417}{20+273}\right) = 23.38\text{mb}$

해수의 **증발**로 인해 대기가 **포화**될 것이다.  
.....

# 포화된 공기가 비로 내린다면?

증발한 해수의 양 :  $7.84 \times 10^{16} \text{kg}$

다시 비로 내리는 해수의 비율 :  $1 - \frac{23.38\text{mb}}{209189\text{mb}} = 99.9888\%$

해수의 밀도:  $1028\text{kg/m}^3$  (35% 기준)

비로 내리는 양의 부피:  $\frac{7.84 \times 10^{16} \text{kg}}{1028\text{kg/m}^3} = 7.63 \times 10^{13} \text{ m}^3$

$$\frac{4}{3}\pi(6400\text{km} + H)^3 - \frac{4}{3}\pi(6400\text{km})^3 = 7.63 \times 10^{13} \text{ m}^3$$

강수량( $H$ ):  $148.18\text{mm}$

# Assumption

1. 소행성 지면 충돌 부분의 **60배** 부피가 먼지가 되며, 이 중 **20%**가 먼지구름이 되어 대기를 덮는다.
2. 소행성은 직경 **10km**의 완전한 구이고, 지면과 충돌해서 생긴 부분은 반구 모양이다.
3. 먼지구름은 지구 전체적으로 **균등하게** 분포한다.
4. 지구는 반지름이 **6400km**인 완전한 구체이다.
5. 먼지는 입자 반경이  $2 \times 10^{-4}$ m인 구체이다.

## Case 2. Impact on Land

소행성으로 인해 파인 부분 : 반지름 5km인 반구 모양의 60배  
그 중 20%가 먼지구름이 됨

5km  
X 60

먼지 부피  $V = 60 \times \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi r^2 \times \frac{20}{100} = 2.618 \times 10^{11} \times 12 = 31.416 \times 10^{11} m^3 = 31.416 \times 10^{17} cm^3$

먼지 입자 반경  $r = 2 \times 10^{-4} m = 2 \times 10^{-2} cm$

먼지 입자 하나의 부피 :  $\frac{4}{3} \pi r^3$

먼지 입자 개수  $n = V / \frac{4}{3} \pi r^3$

먼지입자 총 단면적 합계

$$n\pi r^2 = \frac{V}{\frac{4}{3}\pi r^3} \pi r^2 = \frac{3V}{4r} = 11.781 \times 10^{18} (cm^2)$$

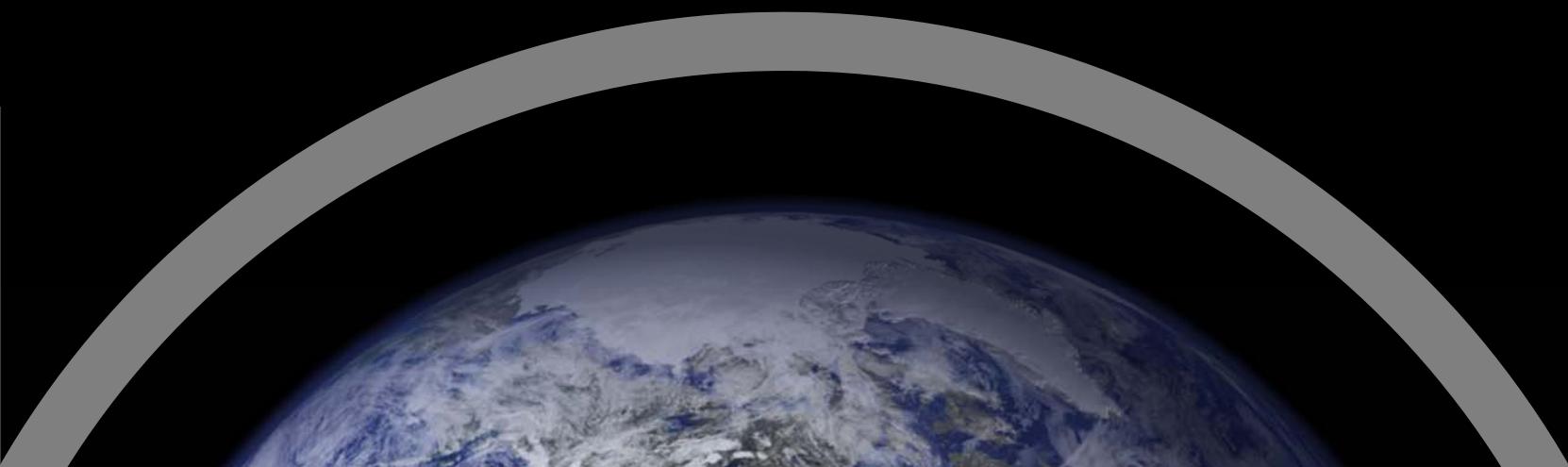
먼지의 양 : 시간에 따라 감소

먼지의 비율 :  $f \Rightarrow \log f = 15.6 - 2.6 \log(t+10^6)$  [t=0, f=1]

충돌 다음날 지표 도달 태양복사에너지

$t = 1\text{day} = 86400\text{s}$  대입  $\Rightarrow f \approx 0.806017$

평상시 태양복사에너지 :  $2\text{cal}(8.4\text{J})\text{cm}^{-2}\text{min}^{-1}$



태양상수 [S] 지구반지름 [R]

지구가 받는 전체량 :  $\pi R^2 S$

지구 표면적 :  $4\pi R^2$

지구 전체 표면에서 받는 에너지 :  $\frac{\pi R^2 S}{4\pi R^2} = \frac{S}{4} \simeq 0.5 cal cm^{-2} min^{-1}$

지구의 알베도  $A = 30\%$

실질적 지구복사에너지 :  $E_0 = (1 - A) \frac{S}{4} = 0.35 cal cm^{-2} min^{-1}$



## 지구가 받는 태양복사에너지 [먼지구름이 가리지 않은 부분]

$$: E = (1 - A) \frac{S}{4} \times \left\{ \frac{4\pi R^2 - (1-f)n\pi r^2}{4\pi R^2} \right\}$$

슈테판-볼츠만 법칙 이용 각 온도 산출

지구를 흑체로 가정 시 지구복사에너지  $E = \sigma T^4$

$\sigma$  : 슈테판-볼츠만 상수

$$\sigma = 5.67051 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$$

$$= 8.100729 \times 10^{-11} cal cm^{-2} min^{-1} K^{-4}$$

$$T = \left( \frac{E}{\sigma} \right)^{\frac{1}{4}}$$

평상시 지구 :  $E_0 = 0.35 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ,  $T_0 = (\frac{E_0}{\sigma})^{\frac{1}{4}} = 256.38K$

지표 근처 온도 :  $E = \sigma T^4$ ,  $E + \sigma T^4 = \sigma T_g^4$ ,  $T_{g0} = 2^{\frac{1}{4}} T_0 = 287.94K$

**지구가 먼지구름에 둘러 쌓인 경우**

$$E = (1 - A) \frac{S}{4} \times \left\{ \frac{4\pi R^2 - (1 - f)n\pi r^2}{4\pi R^2} \right\}$$

**충돌 후 하루 지난 경우일 때**

$$E = 0.7 \times 0.5 \left( \frac{4\pi 6400^2 10^{10} - (1 - 0.80617) 11.781 \times 10^{18}}{4\pi 6400^2 10^{10}} \right)$$

$$= 0.194725055 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

$$T = (\frac{E}{\sigma})^{\frac{1}{4}} = 221.424K, T_g = 2^{\frac{1}{4}} T = 263.319K$$

## 포화 수증기압

$$6.11 \times \exp\left(19.83 - \frac{5417}{T}\right)$$

충돌 전

16.894mb

구 분

포화  
수증기압

충돌 하루 후

2.909mb

지구의 상대습도 : 50% [가정]

→ 충돌 전 8.447mb의 수증기가 대기에 존재

$$8.447mb - 2.909mb = 5.538mb$$

→ 강수

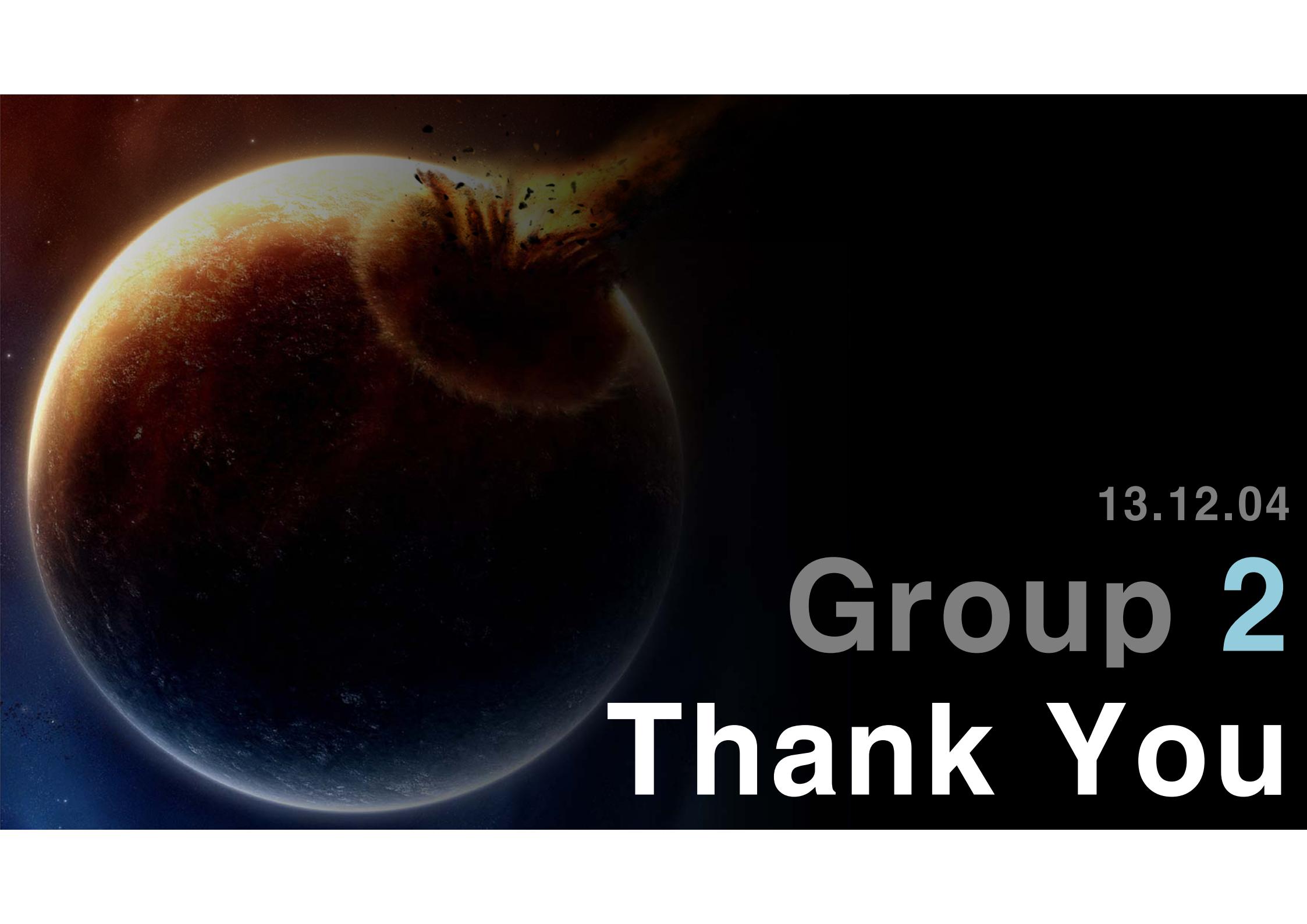
**Case 1.**  
**Impact on Ocean**

**Case 1.**  
**결론내용**

**Case 2.**  
**결론내용**

**Case 2.**  
**Impact on Land**

**Conclusion**



13.12.04

Group 2  
Thank You