

화성기지건설

대기열역학 2조

강다운, 김가람, 명성근, 방은정, 이지훈

- 화성기지의 위치선정에 대한 대기열역학적 분석

목차

- **Introduction**
- **Experimental design**
- **Calculation**
- **Result**
- **Analysis**

Introduction

- NASA의 화성기지 모의 실험 in Hawaii
- 수업에서 배운 대기열역학적 지식을 응용하여
화성에 기지를 건설할 경우
가장 에너지효율면에서 적합한 위치를 선정
- 열역학 제 1법칙 이용 $\delta Q = dU + \delta W$



Experimental design

- 연구목적 : 에너지 효율이 가장 높은 화성기지 위치선정
- 기지내부는 지구와 같은 기압과 온도 유지 (293K, 1atm)
- 기지에 공급해야 하는 에너지 = 유출되는 에너지 – 유입되는 에너지
- 전도+복사-태양에너지

Experimental design 1

- 낮과 밤의 기온차이가 거의 없다
- How?
- 현재 화성은 낮과 밤의 기온차이가 크다
- 실제 NASA의 계획 : 화성의 남극에 있는 드라이아이스를 모두 승화
>> 낮과 밤의 기온차이 거의 줄어듦

Experimental design 2

- 기지의 내외부의 mixing은 무시한다

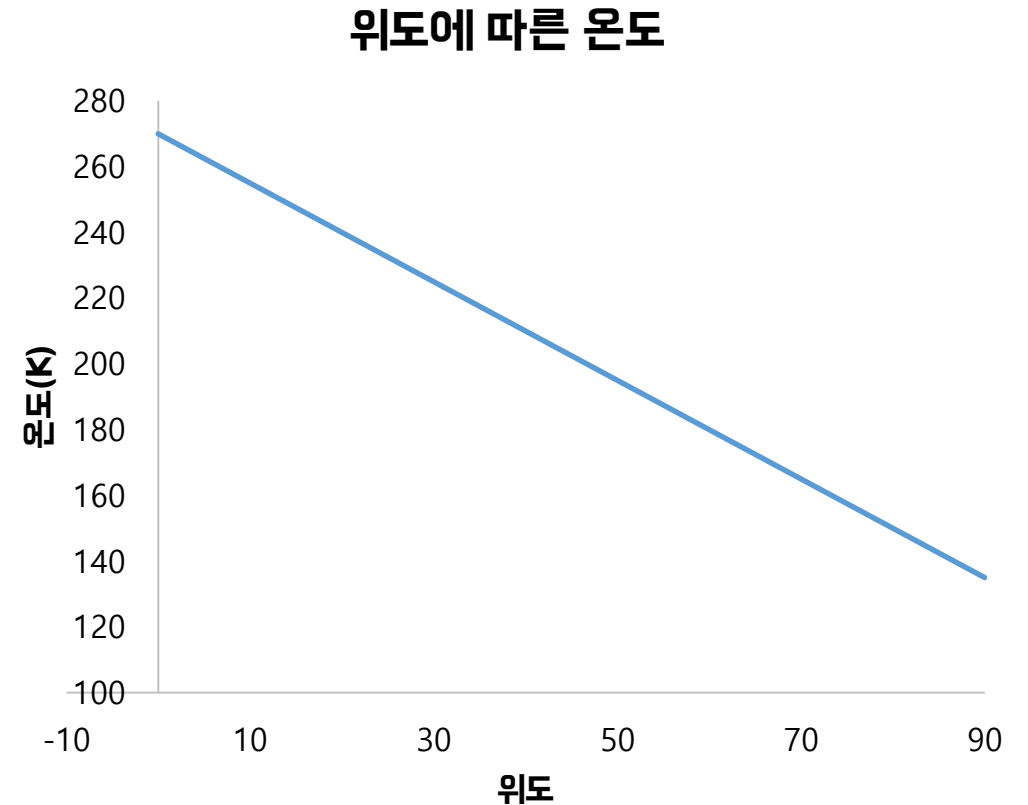
- $$T = \frac{(m_1 T_1 + m_2 T_2) + 0.87(m_1 q_1 T_1 + m_2 q_2 T_2)}{m(1 + 0.87q)} \approx \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m}$$

- $m_1 \gg m_2, T \approx T_1$

Experimental design 3

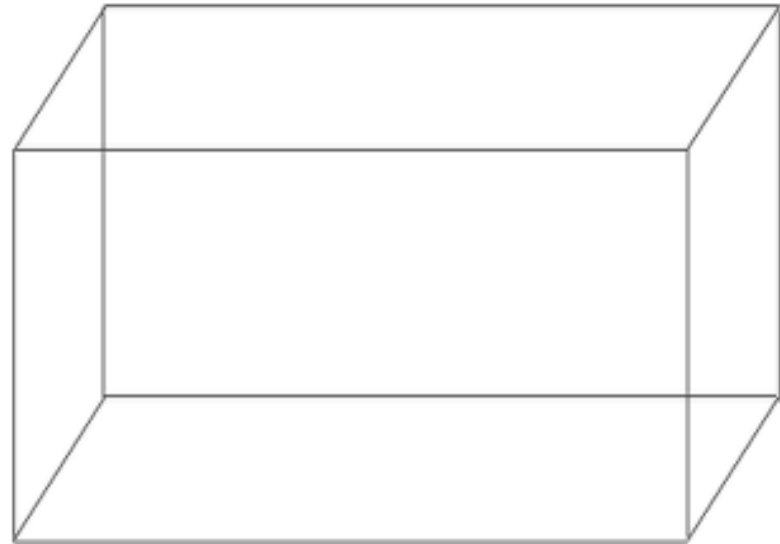
- 화성 적도에서 극까지 온도는 linear하게 감소한다
- 적도 270K, 극 135K

$$T = -1.5\varphi + 270$$



Experimental design 4

- 가로 1 km, 세로 1 km
- 높이 200m
- 재질 : 아크릴유리
- 벽두께 : 1m



Calculation - radiation

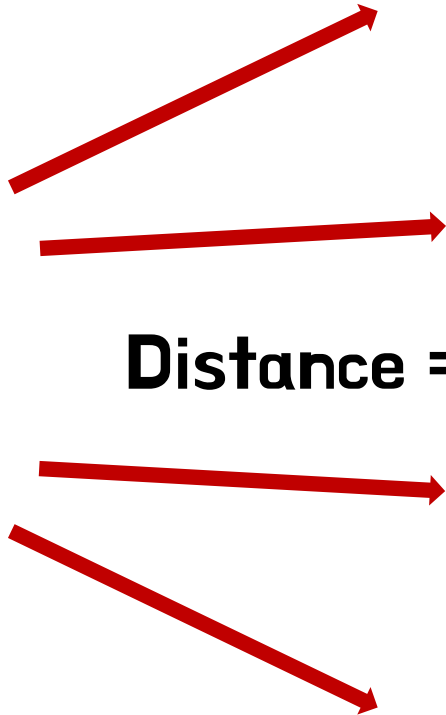
- $P_{rad} = A\sigma T^4$
- $A = 1.8 \times 10^6 m^2$
- $\sigma = \textit{Stefan} - \textit{Boltzmann Constant} = 5.670373 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$
- $T = 293K$

Calculation - conduction

- $P_{cond} = \frac{Q}{t} = kA \frac{T_{in} - T_{out}(\varphi)}{L}$
- $L = 1m$
- $T_{in} = 293K$
- $T_{out} = -1.5\varphi + 270$
- $k = \text{thermal conductivity} = 0.2$
- $A = 1.8 \times 10^6 m^2$

Calculation – solar energy

- 태양상수 계산



$$\text{Distance} = 1.5 \text{ AU} = 2.274 \times 10^{11} \text{ m}$$



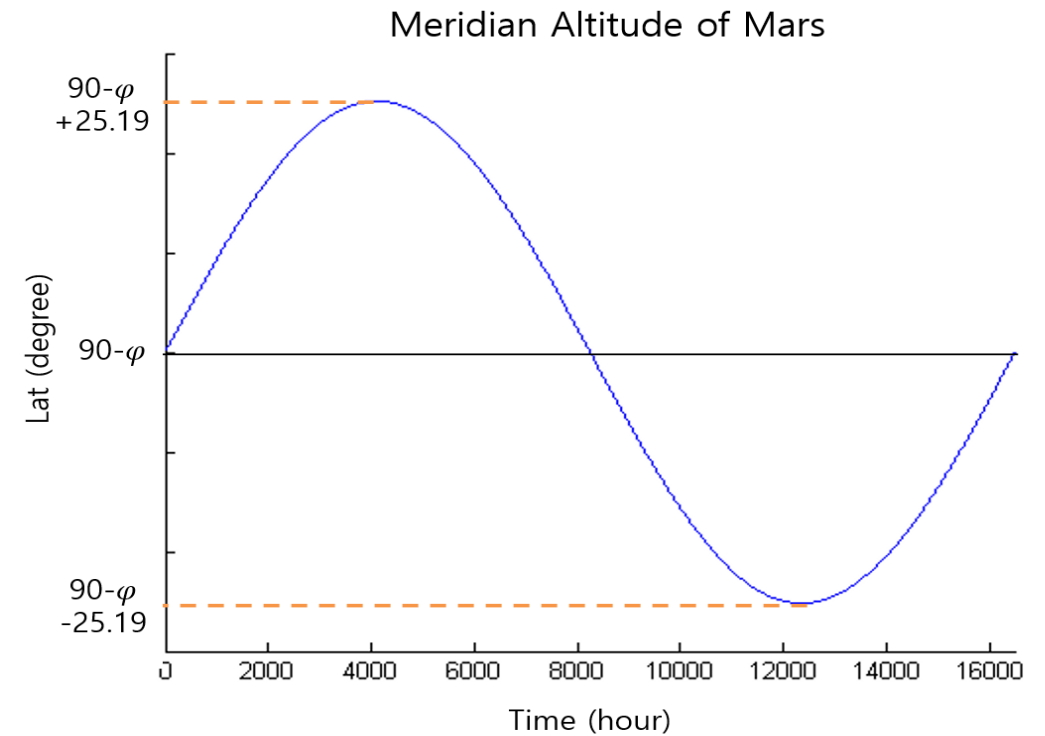
화성대기 상층부에 도달하는 에너지

$$= 3.828 \times 10^{26} / 4\pi r^2 = 589.4 \text{ W/m}^2$$

태양의 광도 = $3.828 \times 10^{26} \text{ W}$

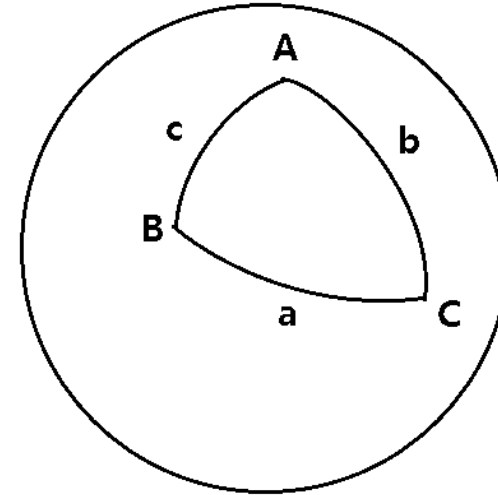
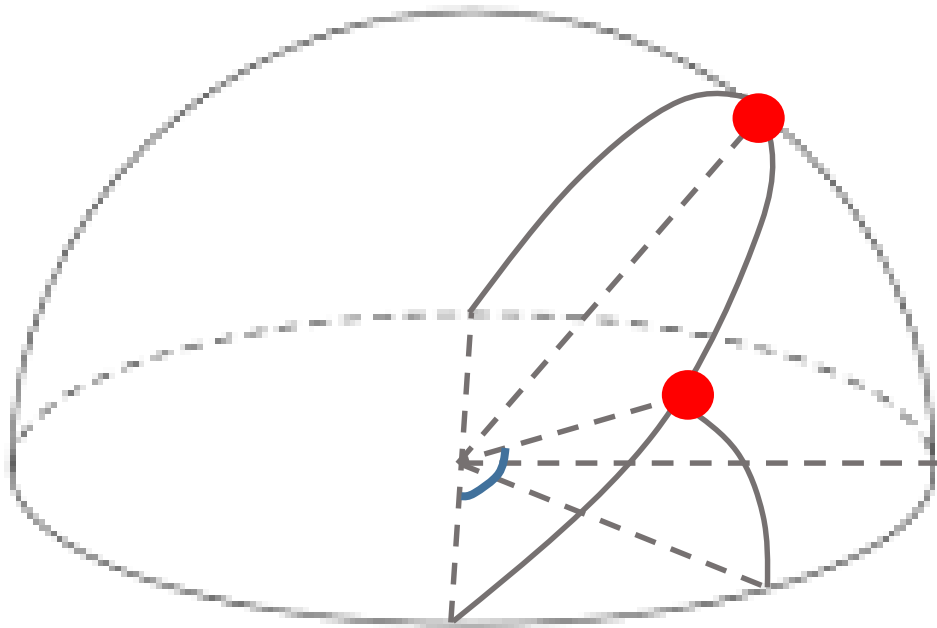
Calculation – solar energy

- 화성의 자전과 공전 고려
- 화성 공전주기 687 day = 16488 hour
- 화성 자전축의 기울기 = 25.19°
- $$h'(t) = 90 - \varphi + 25.19 \sin\left(\frac{2\pi}{16488} t\right)$$



Calculation – solar energy

- $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$



$$\cos h = \cos \theta \cos \theta + \sin \theta \sin \theta \cos h'$$
$$h = \cos^{-1}(\cos \theta \cos \theta + \sin \theta \sin \theta \cos h')$$

Calculation – solar energy

- $h(\varphi) = \cos^{-1}(\cos \theta \cos \theta + \sin \theta \sin \theta \cos h')$
- $\frac{1}{2} \frac{1}{16488} \int_0^{16488} S(1 - a) \sin[h(t)] dt$

$$= \frac{1}{2} \frac{1}{16488} \int_0^{16488} S(1 - 0.2) \sin[\cos^{-1} \left(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta \cos \left(90 - \varphi + 25.19 \sin \frac{2\pi}{16488} t \right) \right)] dt$$

$$a(\text{albedo}) = 0.2, \theta = \frac{\pi}{12} t$$

(J/hour)

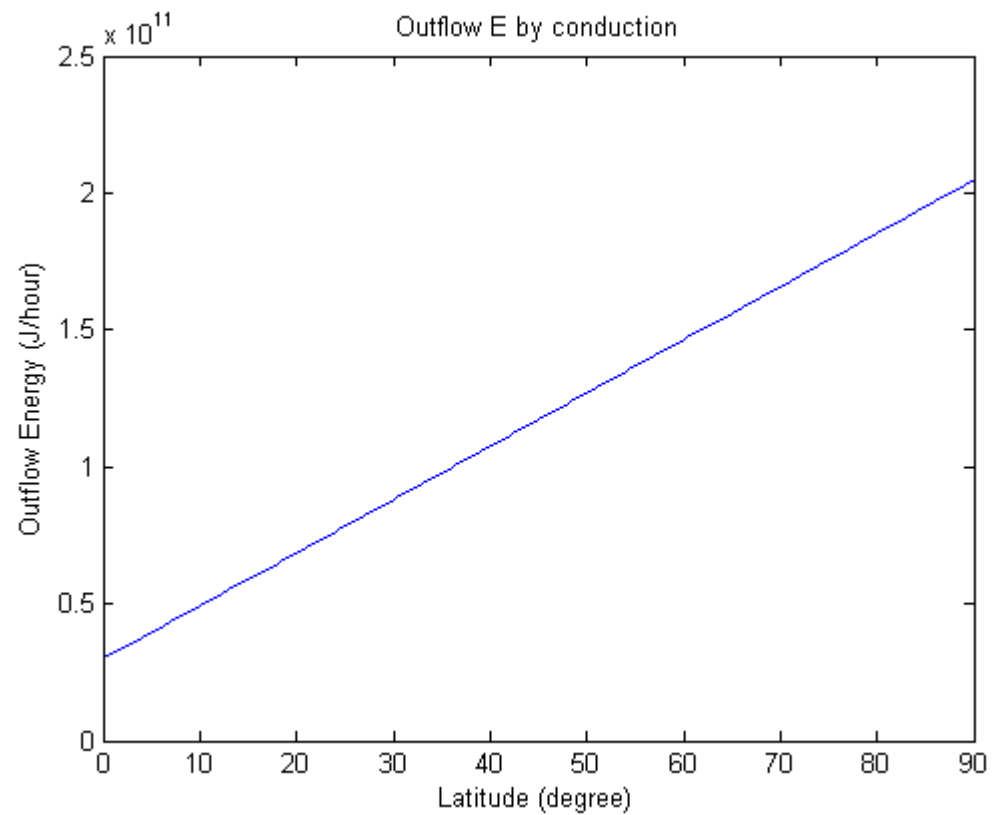
Calculation – required energy

$$\bullet Q = E_{rad} + E_{cond} - E_{sun}$$

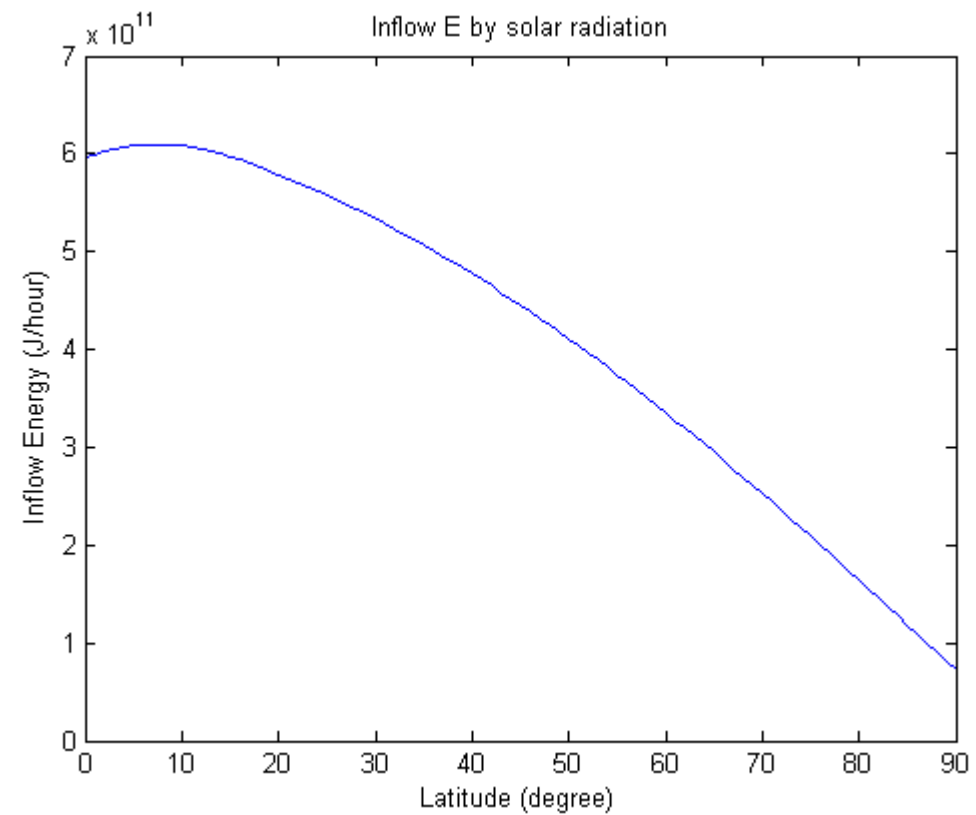
$$= A\sigma T^4 + kA \frac{T_{in} - T_{out}(\varphi)}{L}$$

$$- \frac{1}{2} \frac{1}{16488} \int_0^{16488} S(1 - 0.2) \sin[\cos^{-1} \left(\cos^2 \theta + \sin^2 \theta \cos \left(90 - \varphi + 25.19 \sin \frac{2\pi}{16488} t \right) \right)] dt$$

Result



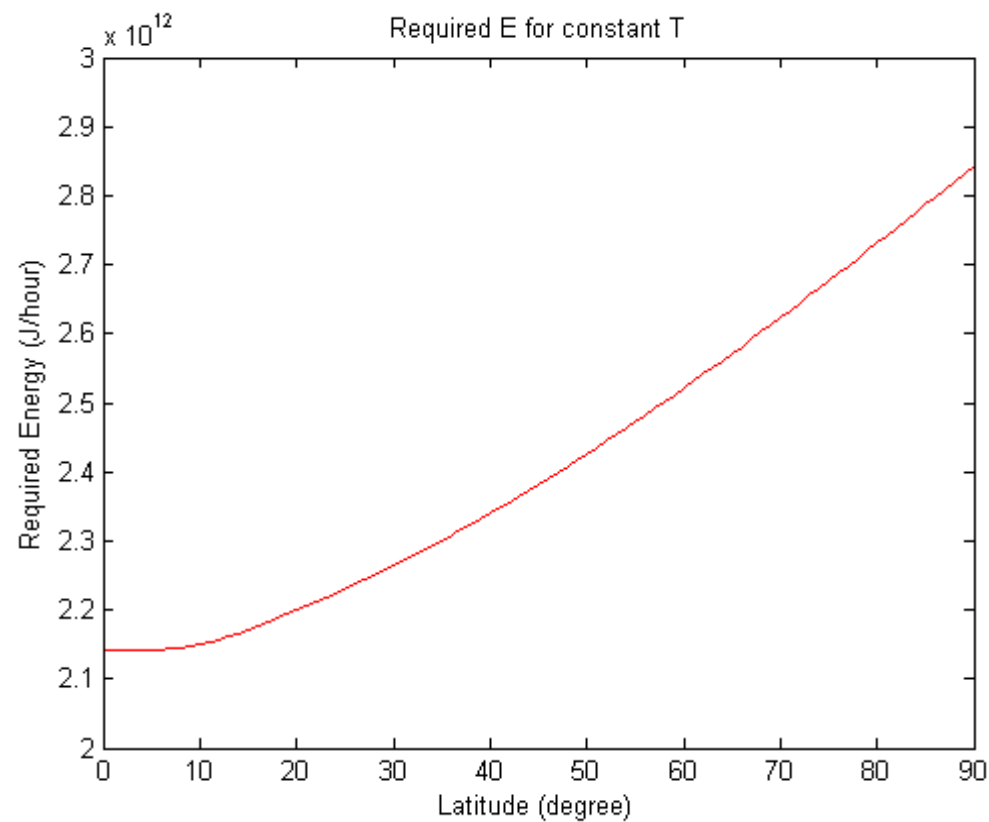
E_{cond}



E_{sun}

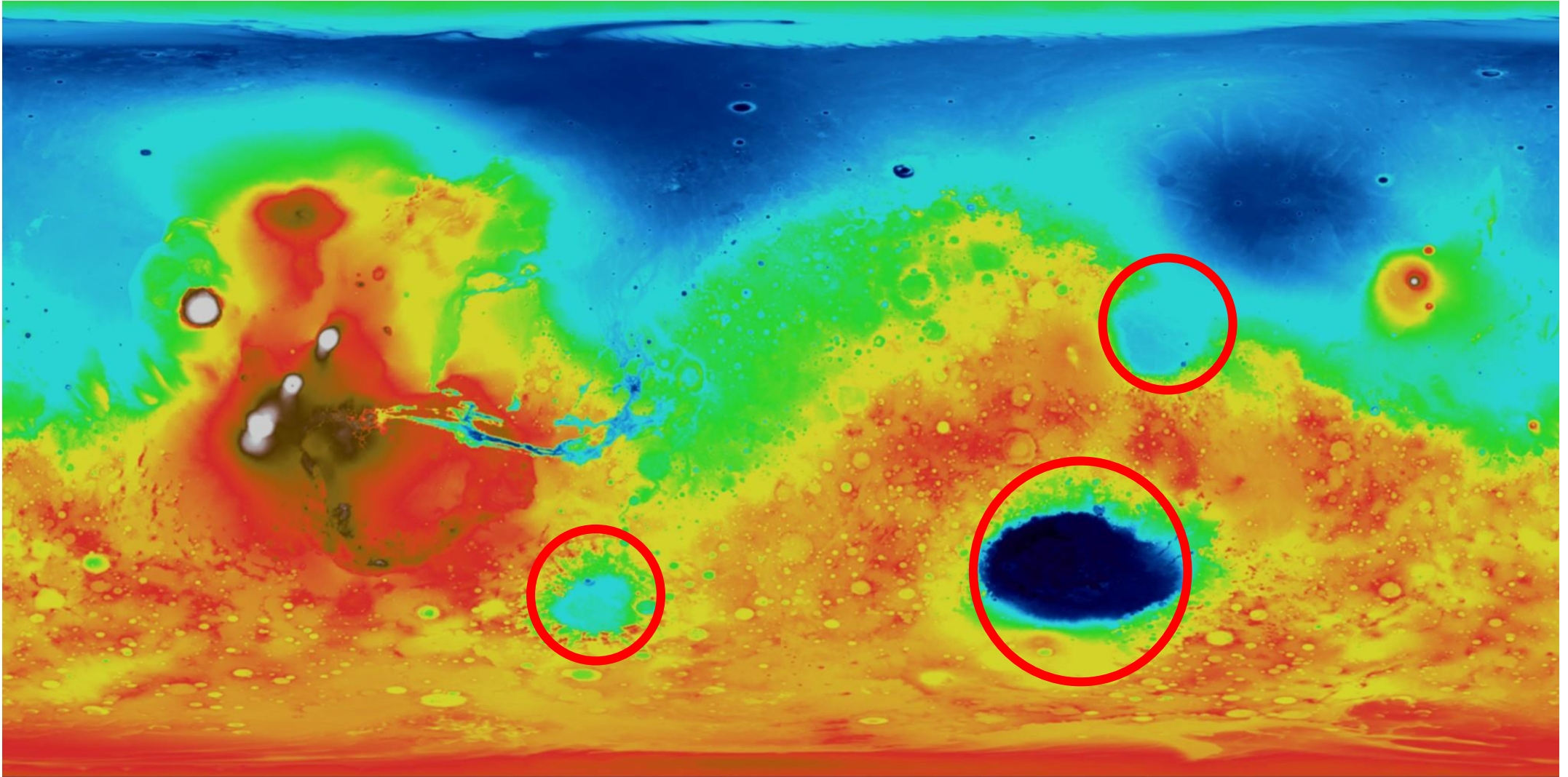
Result

- 가장 적은 에너지가 필요한 위도 5°

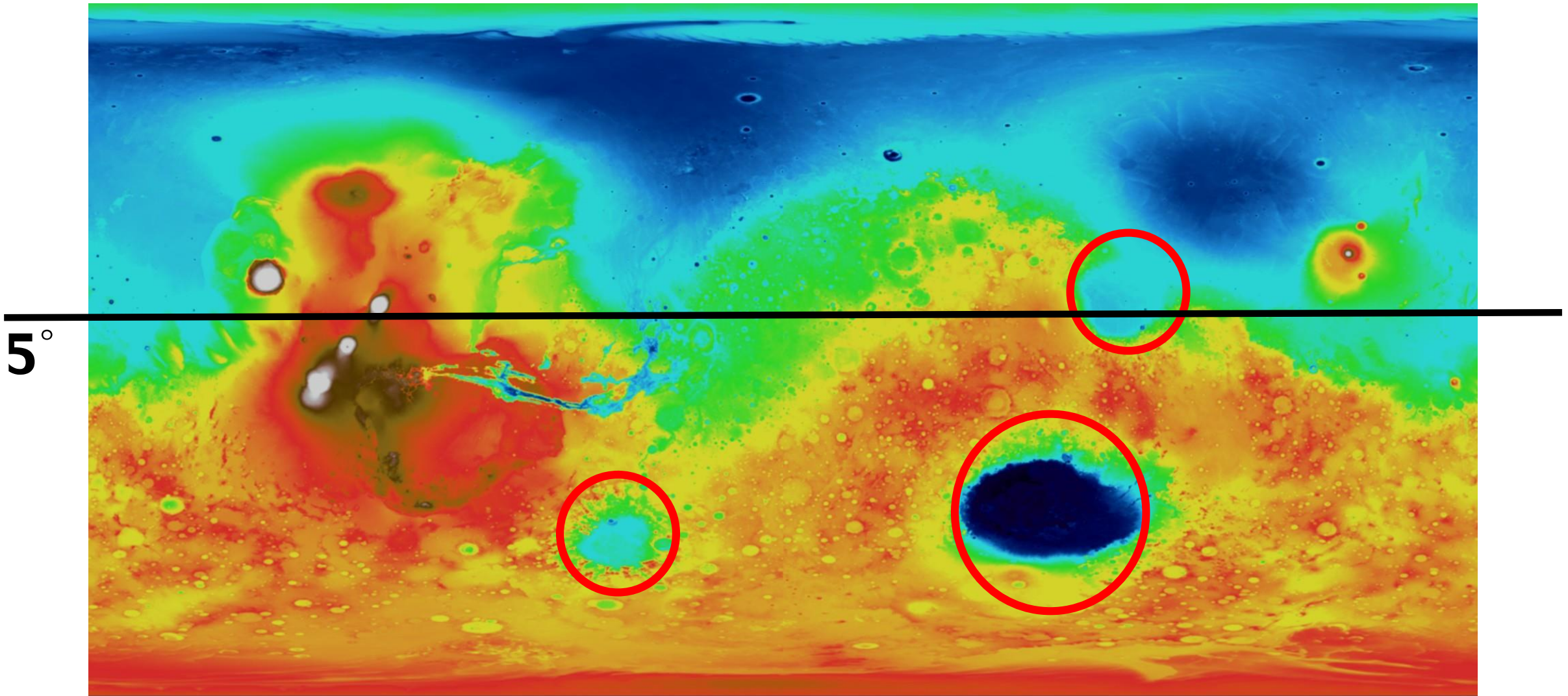


Required Energy

Analysis – site selection



Analysis – site selection



References

- **Anastasios A. Tsonis. (2007). An introduction to atmospheric thermodynamics.**
- **Mars topography, <http://svs.gsfc.nasa.gov/stories/MOLA>**
- **Mckay, C. P., & Zubrin, R. M. (1993). Technological requirements for terraforming Mars.**

Thank you

Q & A