

남극 빅토리아랜드 주상 눈시료의 광물성 먼지와 이온성분의 특성

김초이¹, 곽호제², 홍성민², 강정호^{1*}



¹한국해양과학기술원 부설 극지연구소 극지기후변화연구부, ²인하대학교 해양학과

Instruction

대기 에어로졸 중 불용성 입자를 '광물성 먼지(mineral dust)' 라고 한다. 광물성 먼지는 대기 중에서 태양 빛을 흡수하거나 산란시켜 전 지구적으로 기후변화에 영향을 준다. 장거리 대기 이동 후 극지 빙하에 침적된 광물성 먼지는 주로 운모, 점토, 석영 등으로 구성되어 있다. 과거의 기후변화를 이해하기 위해서는 극지의 빙하로부터 과거 대기의 광물성 먼지의 농도를 정량적으로 정확히 복원하는 것이 필수적이다. 또한 빙하 내에 존재하는 다양한 이온성분은 과거의 기후요소와 대기환경 특성을 지시할 수 있는 프록시로 활용될 수 있다. 본 연구의 목적은 남극 빅토리아랜드 주상 눈시료에 침적된 광물성 먼지와 이온성분의 특성을 알아보는 것이다.

Snow pit sampling

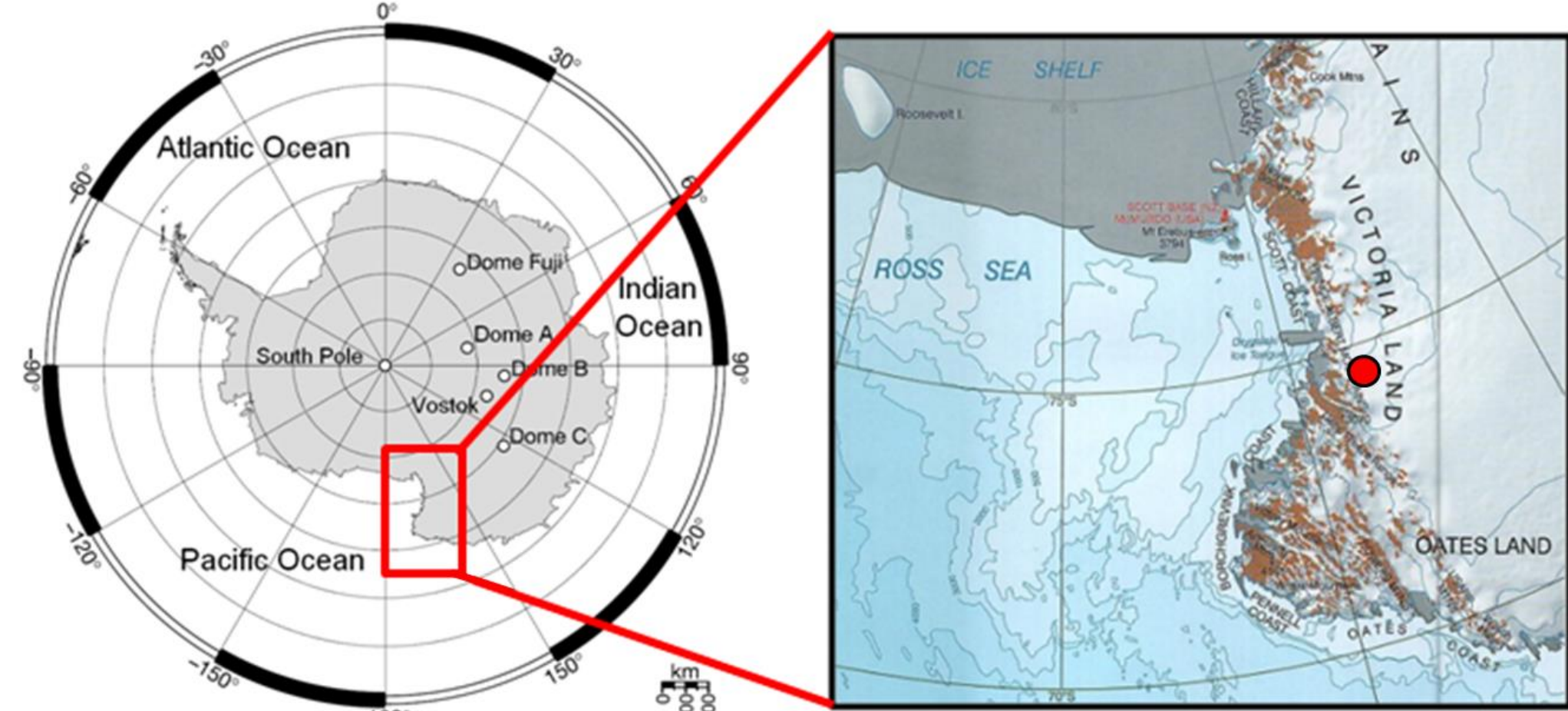


Figure 1. Map of Sampling site



Figure 2. Styx snow pit Sampling

남극 장보고기지에서 북서쪽으로 80 km 떨어진 빅토리아랜드(Victoria Land)의 스틱스 빙하 (Styx Glacier)에서 2012년 1월 6일부터 8일까지 1.5 m 깊이의 주상 눈시료를 2.5 cm 간격으로 채취하였다. 주상 눈시료는 2009년부터 2011년까지 약 3년간의 기간에 해당된다.

Instrumental Analysis

모든 분석은 외부의 오염을 최소화하기 위해 극지연구소의 Class 1000 클린룸에 설치된 Class 10 클린부스 안에서 실시하였다. 쿨터카운터(Multisizer 3)를 이용하여 광물성 먼지의 농도 분포를 분석하였다. 이온성분은 이온크로마토그래피(ICS-2000, ICS-2100)를 이용하여 음이온(Cl^- , SO_4^{2-} , $CH_3CO_2^-$, HCO_2^- , NO_3^- , MSA, F^-)과 양이온(Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+)을 분석하였다.



Figure 3. Class 10 Clean booth

Coulter Counter

Ion Chromatography

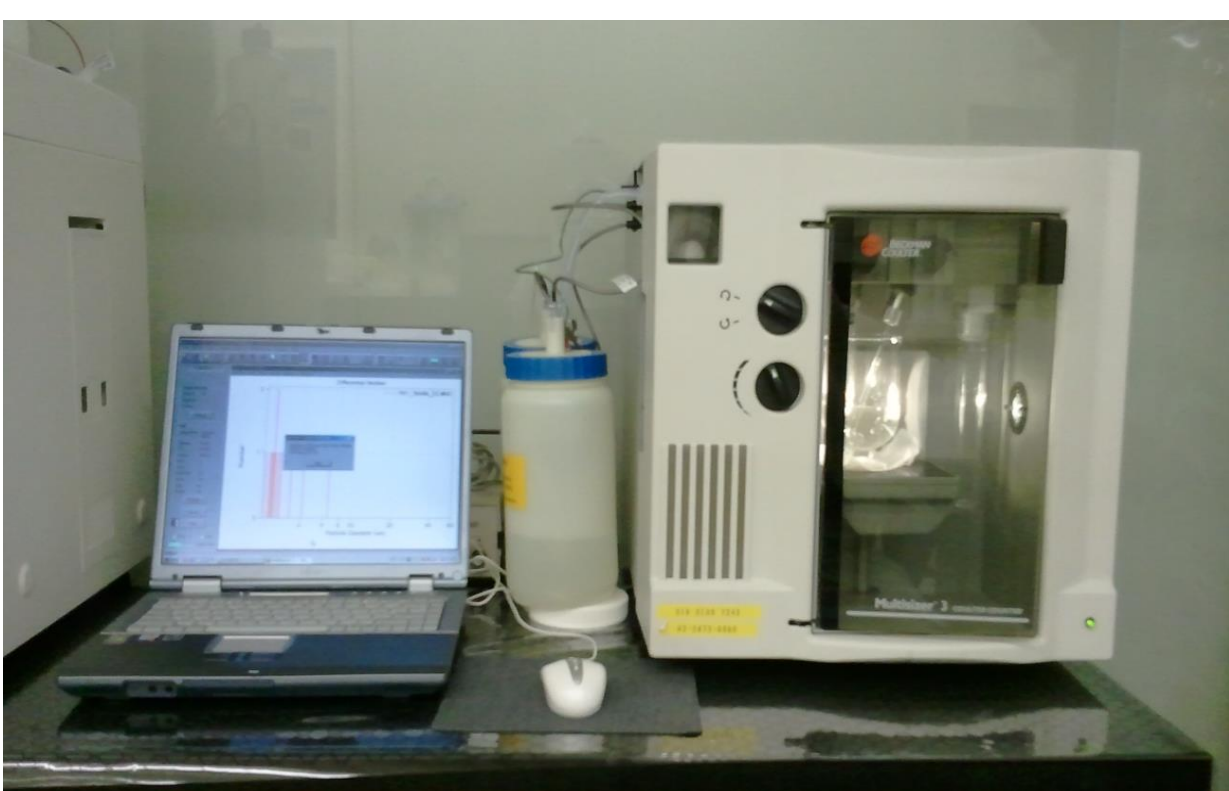


Figure 4. Multisizer 3



Figure 5. ICS-2000, ICS-2100

Parameters	Values
Range	0.708 - 6.0 μm
Noise level	2.2 %
Analytical Volume	500 μL
Channel	300
Density	2.5 g mL ⁻¹
Size of tube	30 μm
Electrolyte	2.0 % NaCl
Current & Gain	800 μA & 4

Table 1. Parameters of Coulter Counter

	Anion analysis	Cation analysis
System	ICS 2000	ICS 2100
Column	IonPac AS 15	IonPac CS 12A
	IonPac AG 15	IonPac CG 12A
Eluent	6-55 mM KOH	20 mM MSA
	(gradient elution)	(isocratic elution)
Suppressor	ASRS 300	CSRS 300
Flow rate	0.5 mL min ⁻¹	1.0 mL min ⁻¹
Injection Volume	200 μL	200 μL

Table 2. Parameters of ICS-2000, ICS-2100

Results and Discussion

Depth profiles of Dust, Ca²⁺ and nssCa²⁺

스티스 주상눈시료에서 광물성 먼지의 크기 분포는 3.0 - 3.5 μm 에서 최빈값(mode)을 가지고 농도 수준은 7.41 - 638 ng mL⁻¹로 나타났다. 광물성 이온과 높은 상관관계를 가진 Ca²⁺을 총 Ca²⁺과 nssCa²⁺으로 나누어 계산한 결과 총 Ca²⁺의 농도는 5.92 - 109.35 ng mL⁻¹, nssCa²⁺은 3.83 - 104.5 ng mL⁻¹로 확인되었다. nssCa²⁺ 농도의 계산식은 아래와 같다.

$$[nss X] = [X]_{total} - (X/Na^+)_{sea} \times [Na^+]_{total}$$

위 식에서 $[X]_{total}$ 은 특정 시료에서 측정된 이온 X의 농도, $[Na^+]_{total}$ 은 특정 시료에서 측정된 Na⁺의 농도 그리고 $(X/Na^+)_{sea}$ 는 벌크 바닷물(bulk seawater)의 평균 X/Na⁺ (w/w)비 (Pilson, 1998)를 의미한다. 광물성 먼지, Ca²⁺과 nssCa²⁺을 깊이에 따른 농도로 비교해보았을 때 모두 유사한 구간에서의 피크와 함께 비슷한 농도 분포 경향을 나타내었다.

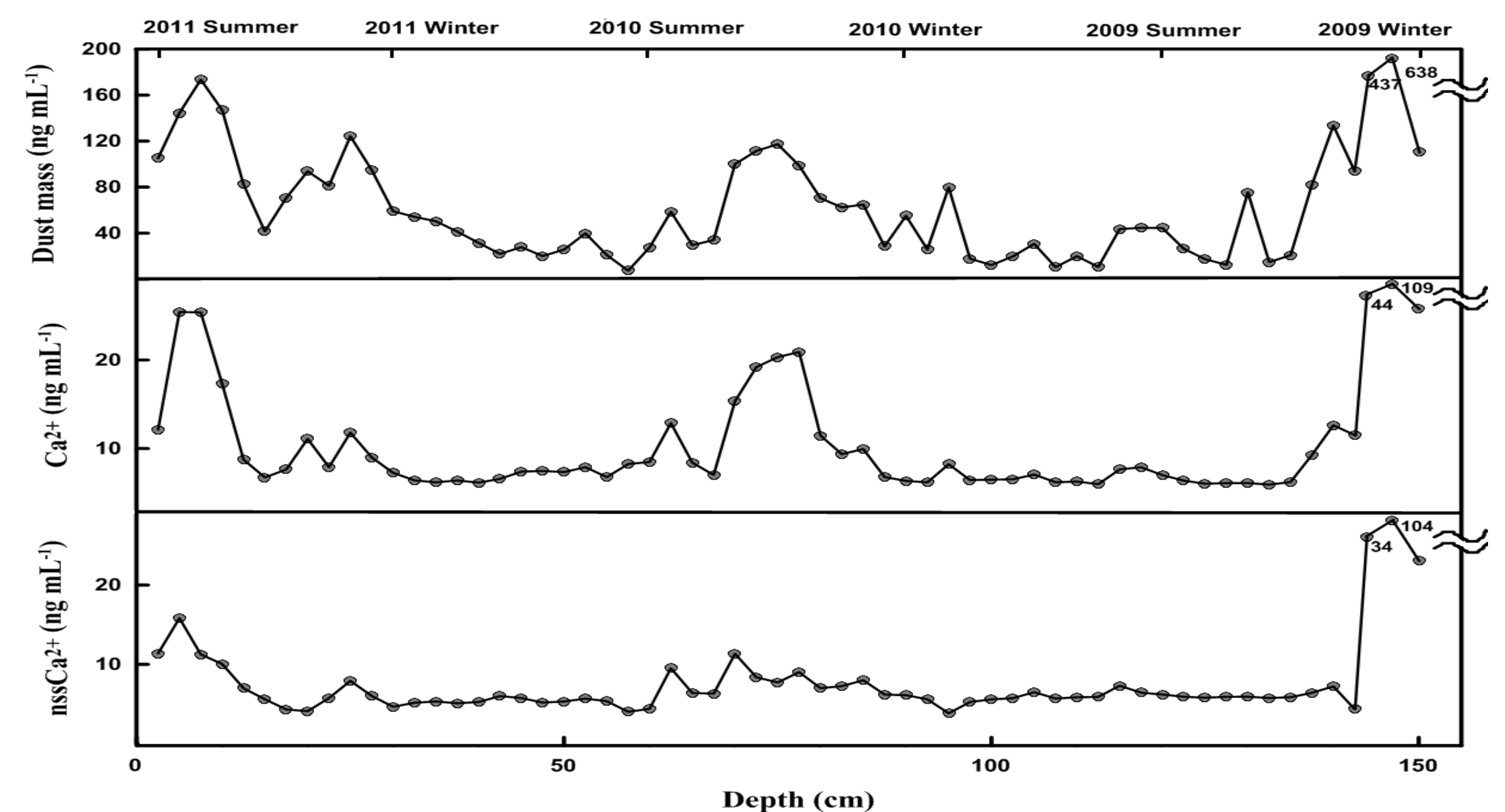


Figure 6. Dust, calcium and non-sea-salt calcium concentration on the depth scale

Correlation coefficients of Ions and Dust

	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CH ₃ CO ₂ ⁻	HCO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	MSA	F ⁻	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Dust No.
SO ₄ ²⁻	0.58												
CH ₃ CO ₂ ⁻	0.20	0.46											
HCO ₂ ⁻	-0.23	0.05	0.19										
NO ₃ ⁻	-0.30	-0.04	0.13	0.94									
MSA	-0.17	0.38	0.02	-0.05	-0.12								
F ⁻	0.42	0.51	0.06	0.06	0.02	-0.19							
Na ⁺	0.99	0.57	0.11	-0.23	-0.29	-0.17	0.46						
Mg ²⁺	0.97	0.61	0.15	-0.16	-0.23	-0.19	0.57	0.98					
Ca ²⁺	0.43	0.65	0.31	0.09	0.03	-0.12	0.86	0.43	0.53				
K ⁺	0.96	0.60	0.14	-0.17	-0.24	-0.19	0.59	0.97	0.99	0.56			
NH ₄ ⁺	0.45	0.48	0.12	-0.09	-0.20	0.21	0.10	0.48	0.45	0.08	0.45		
Dust No.	0.27	0.49	0.20	0.06	0.02	-0.17	0.75	0.28	0.38	0.88	0.41	-0.01	
Dust mass	0.49	0.57	0.28	0.04	-0.01	-0.22	0.82	0.49	0.58	0.94	0.60	0.04	0.89

Table 3. Correlation coefficients determined for a continuous series of 60 samples in Styx snow pit

Scatter plots

높은 상관관계를 가진 광물성 먼지와 Ca²⁺ 농도를 비교하기 위하여 Ca²⁺를 총 Ca²⁺ 농도 (a), non-sea-salt Ca²⁺ 농도 (b)로 나누어 비교한 결과 r² 값은 각각 0.94, 0.87로 나타났다.

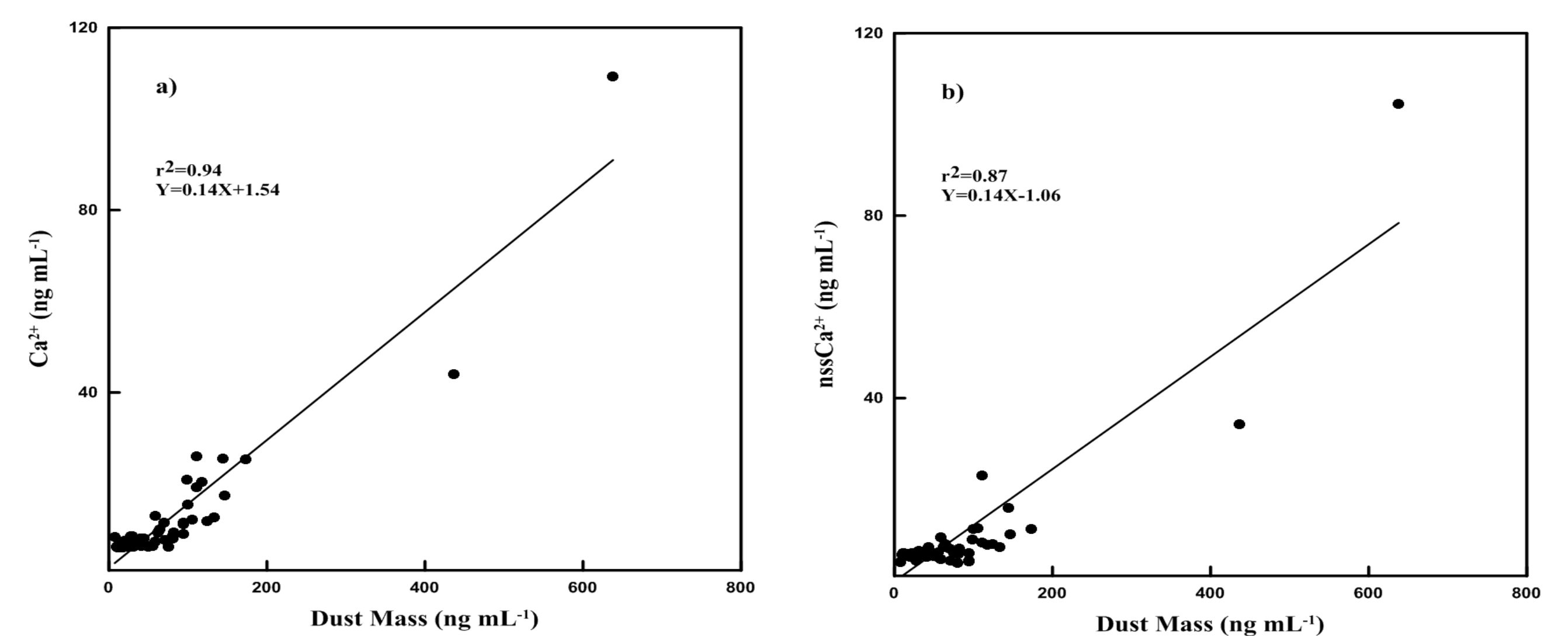


Figure 7. Scatter plots of Ca²⁺ (a) and nssCa²⁺ (b) concentrations against the Dust concentration

Conclusion

남극 빅토리아랜드 주상 눈시료에 침적된 광물성 먼지와 이온성분의 특성을 알아본 결과 광물성 먼지와 Ca²⁺이온이 높은 상관관계를 가진다는 것을 확인하였다.

Acknowledgement

이 연구는 한국해양과학기술원 부설 극지연구소의 주요사업 "과거, 현재의 극지기후 관측과 재현을 통한 기후변화 메커니즘 규명" (PE14010)의 지원으로 수행되었습니다.
E-mail : Choi.kim @kopri.re.kr, Choi Kim

극지의 한국,
미래의 도전