

流紋岩、安山岩の電気伝導度測定

— 室内実験及びニューラルネットワークによる理論計算 —

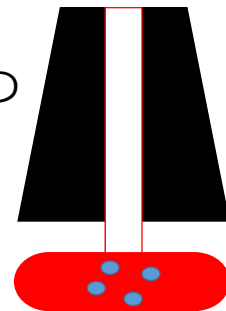
原口 友輔、藤田 清士（大阪大学・工学研究科）、
芳野 極（岡山大学・惑星物質研究所）、
鈴木 賢紀、中本 将司、田中 敏宏（大阪大学・工学研究科）

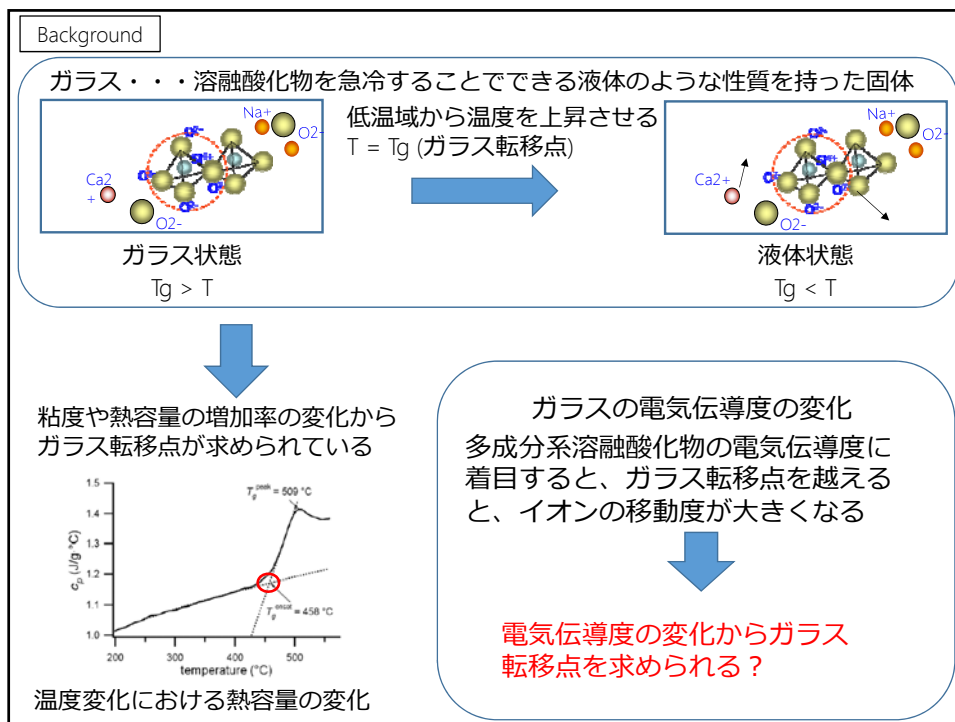
Background

- 地殻内の高電気伝導度層の原因
⇒ 流体 or 溶融

本研究では、火山岩溶融点近傍
及びガラス転移点付近の電気伝導度
変化を実験でその場観察する。

- ⇒ 具体的には、上部地殻の
火山体下を想定





Method

rhyolite(taupo)(wt%)										
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
71.62	0.28	14.08	1.34	1.25	0.12	1.08	2.23	3.64	3.15	0.05

流紋岩 (タウポ火山、ニュージーランド)

andesite(hakone)(wt%)										
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
63.66	0.87	15.4	7.17	3.67	0.157	1.55	5.74	3.9	0.78	0.17

安山岩 (箱根山、日本)

測定条件


圧力 : 1 GPa
 温度 : 600 - 1600K
 含水率 : 0 - 5 wt%

高温
高圧下

試料作製

Method


粉碎した試料 Pt tube



5mm

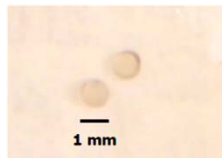
↓

ピストンシリンダー



↓

ガラス質の安山岩



1 mm

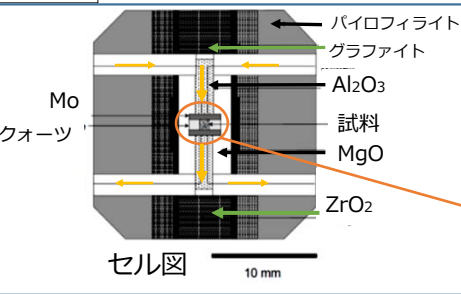
粉末試料と適量の
H₂O (0 wt%, 5 wt%) を封入した。

圧力1GPa下で**1500K**まで加熱し、その状態を5時間保持した。


試料が入っているカプセルから薄さ1 mm、直径1 mmの測定用の試料を作製した。

		before (wt%)	after (wt%)
rhyolite	0wt%	0.52	0.15
	4wt%	4.67	4.88
andesite	0wt%	0.23	0.15
	0.5wt%	0.62	0.56
	5wt%	5.2	4.7

Method

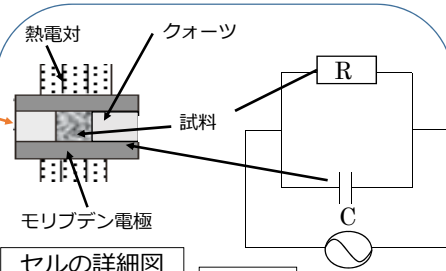


セル図 10 mm



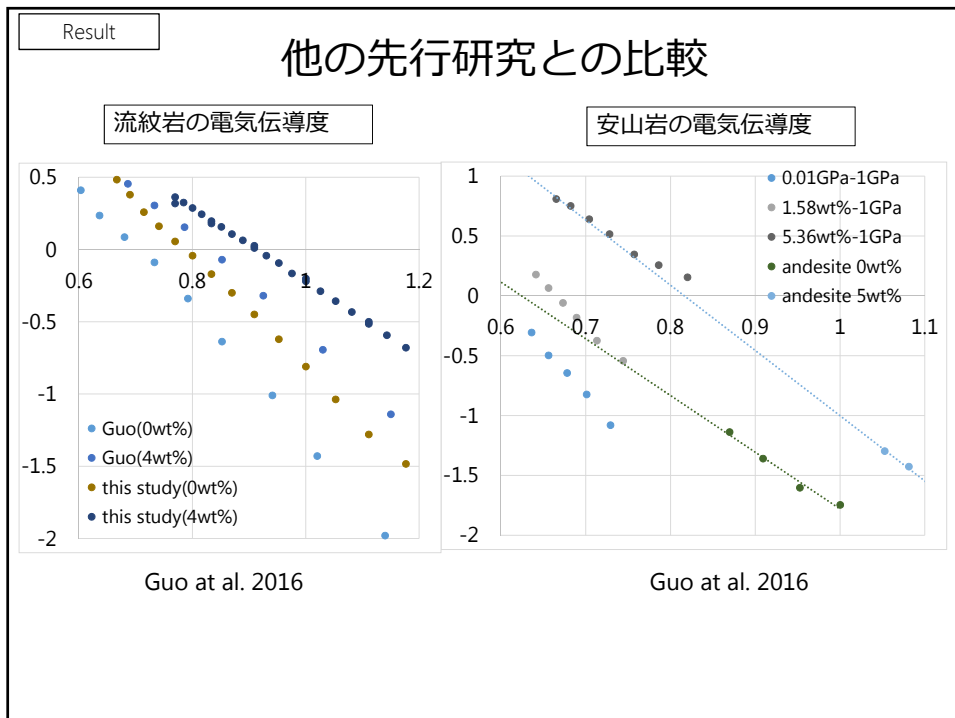
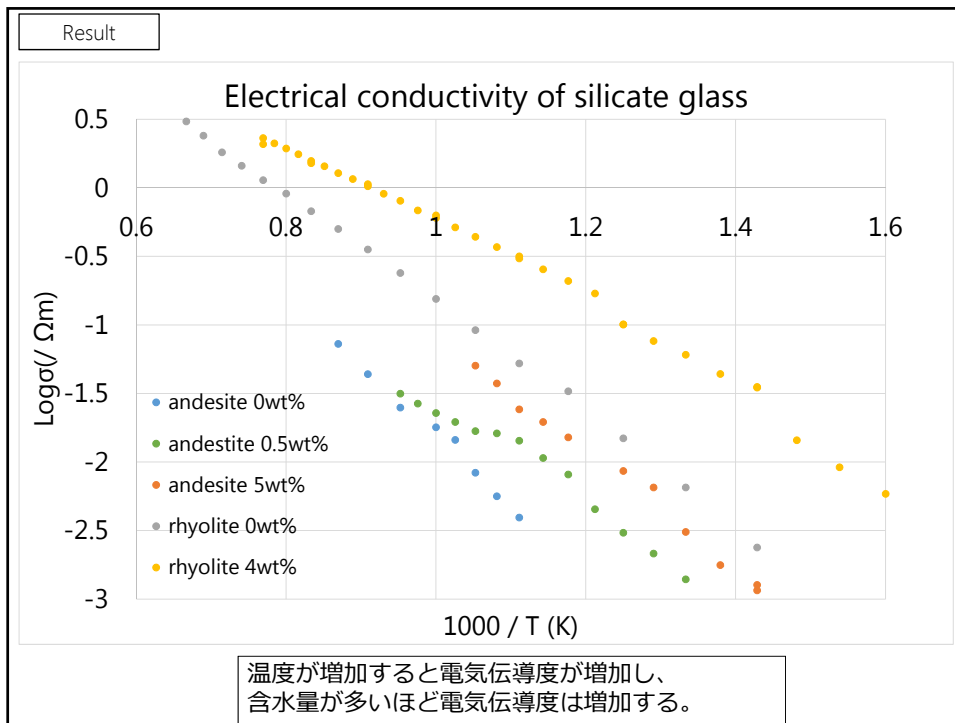
マルチアンビル型高圧力発生装置
(出典: http://www.misasa.okayamau.ac.jp/~hacto/facility_j.html)

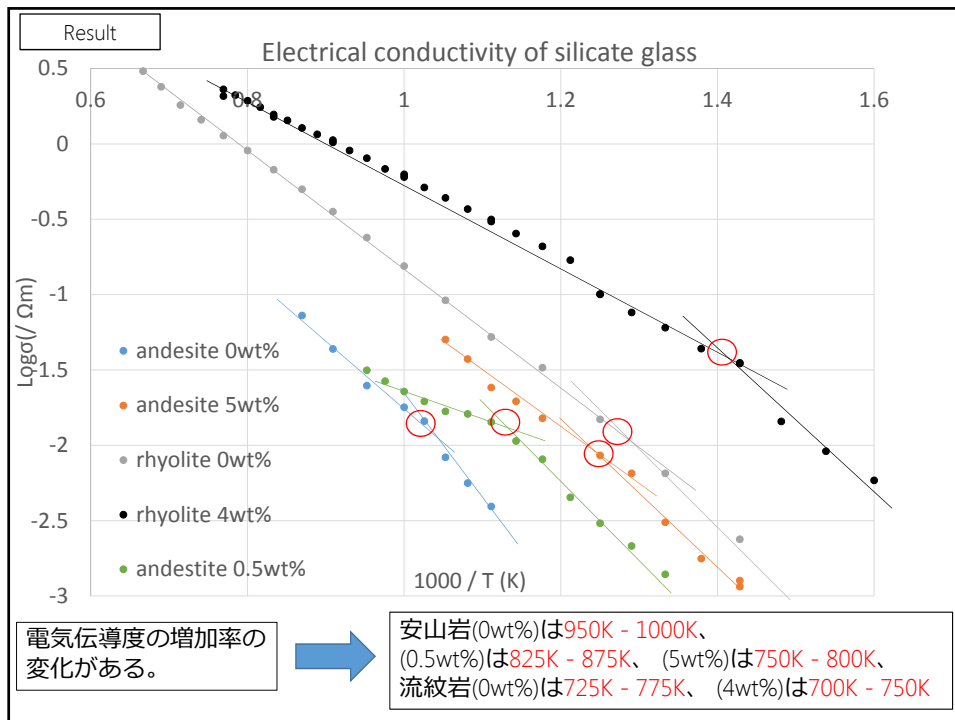
黄色矢印: 電流経路



セルの詳細図 回路図

R: 試料の溶液抵抗
C: 電極と試料の界面に発生した電気二重層容量
⊙: 交流電源





discussion

粘度とガラス転移点の関係

無水と含水の試料の粘度は下記のVFTの方程式を適用。
(水の影響を考慮) (e.g. Giordano et al., 2000)

$$\text{Log}_{10}\eta = [a_1 + a_2\ln(\text{H}_2\text{O})] + \{[b_1 + b_2\text{H}_2\text{O}] / [T - (c_1 + c_2\ln(\text{H}_2\text{O}))]\}$$

η : 粘度 T : 温度(K) H₂O : 含水率 (wt.%)
a, b, c : 定数 (火山岩の種類による)
(本実験で使用した安山岩と似た組成を持つ安山岩(雲仙)の情報を利用。
(e.g. Giordano et al., 2005))

andesite(hakone)(mass%)										
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
63.66	0.87	15.4	7.17	3.67	0.157	1.55	5.74	3.9	0.78	0.17

andesite(unzen)(mass%)										
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
66.00	0.36	15.20	0.00	4.08	0.10	2.21	5.01	3.84	2.16	0.14

粘度から求めたガラス転移点

water content	T _g
0wt%	1000K
5wt%	700K

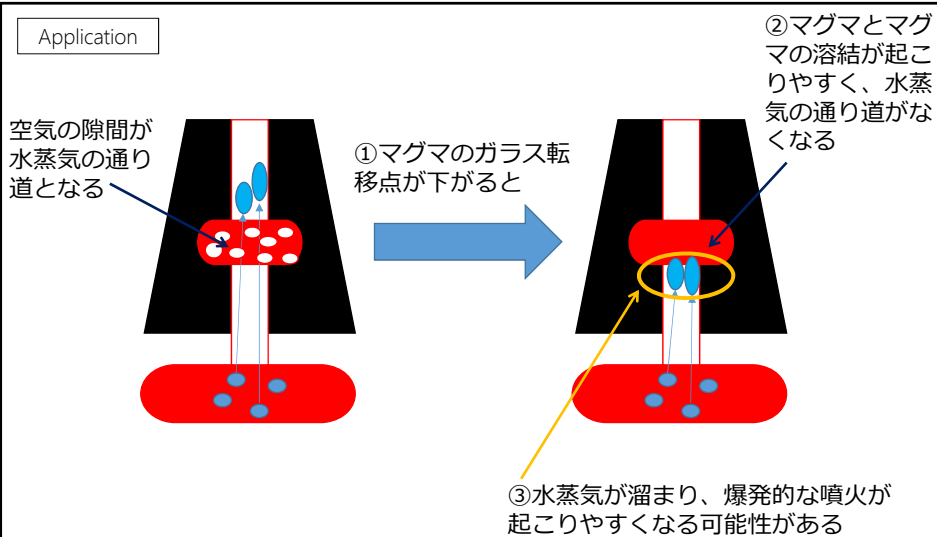
電気伝導度から求めたガラス転移点

water content	T _g
0wt%	950K - 1000K
5wt%	750K - 800K

Conclusion

- ①流紋岩及び安山岩の電気伝導度は温度と含水量が増加するにつれて、増加した。
- ②安山岩0wt%のガラス転移点は950-1000K、0.5wt%は825-875K、5wt%は750-800K、流紋岩0wt%は725-775K、4wt%は700-750Kであると推定された。

Application



伊藤、谷口(1996)

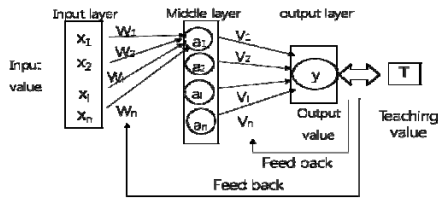
ガラス転移点を知ることが、爆発的な火山噴火のメカニズムを解明に寄与する。

Purpose

目的：ニューラルネットワークを用いて火山岩の電気伝導度を推算し、火山岩を構成する酸化物の中で電気伝導度に最も影響を与える酸化物を特定する。

andesite(hakone)(wt%)										
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
63.86	0.87	15.4	7.17	3.67	0.157	1.55	5.74	3.9	0.78	0.17

①火山岩の電気伝導度データを基に組成の重量比・温度・圧力に対する電気伝導度の推算式を学習させる。

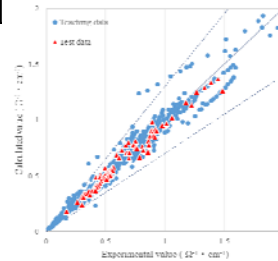


xi: 入力値
(例: 酸化物のモル量)
W_i: 重み
W_b: 偏値
b_i: 中間層
V_i: 重み
y: 出力値
(例: 粘度、電気伝導度)

$$a = f(\sum_{i=1}^n x_i \cdot W_i - b_1) \quad v = f(\sum_{i=1}^n a_i \cdot V_i - b_2)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

②ニューラルネットワークが実験値を持たないデータを推算できるかを確認するため、学習に用いていない実験値がある電気伝導度を推算し推算値と実験値の比較を行う。



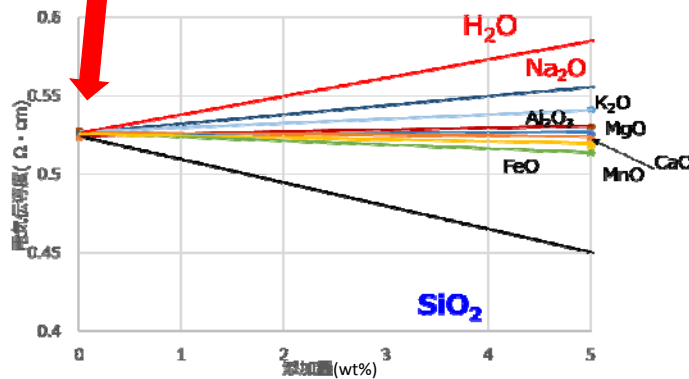
Result

推算式の各成分の係数

基準物質

Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	FeO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	P(Gpa)	T(°C)	
14.3		2.1	69.5	2.5	1	0.1	3.5	3.1	3.9	1	752

(e.g.) CaO-H₂Oの重量比は固定し、Al₂O₃の重量比のみ変化させ電気伝導度を推算し、増加率の変化を見る。



できた推算式を用いて各成分の係数の大きさを検証する。



SiO₂、H₂O、Na₂Oの重量比が変化するにつれて電気伝導度が大きく変化した。

Conclusion

火山岩の電気伝導度には Na_2O 、 SiO_2 、 H_2O が
電気伝導度を増加させる傾向が見出された。