

B₂O₃-Fe₂O₃-R₂O (R:Na,K) 系ガラスの磁氣的性質

矢 田 部 俊 一*・渡 辺 純 久**

The Magnetic Susceptibilities of B₂O₃-Fe₂O₃-R₂O (R: Na, K) System Glasses

Shun-ichi YATABE and Sumihisa WATANABE

Abstract

The magnetic properties of B₂O₃-Fe₂O₃-R₂O (R: Na, K) system of glasses were studied in this paper. The glasses in this system were melted in electric furnace, about 1300°C, five hours.

The melted glasses were powdered into particles of 80 mesh by agate mortar.

The magnetic susceptibilities of the glasses were measured by Gouy method.

The results are as follows.

The susceptibilities are proportional to the contents of Fe₂O₃ mol in glasses and don't depend on the contents and species of other components in glasses.

1. 緒 言

鉄を含むガラスは、常磁性を有し高い電気伝導度を有することが知られている興味あるガラスである。このようなガラスとして B₂O₃-Fe₂O₃-R₂O (R=Na, K) 系を選び磁化率の測定をグイ法で行ない、磁化率と組成との関係を考察した。

2. ガラス試料の製作

2.1 ガラスの組成

本実験に用いたガラスの組成を表 1, 2 に示す。

Table 1 Composition of glasses in the B₂O₃-Fe₂O₃-Na₂O system (mol % and Wt %)

Glass No.	B ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		Na ₂ O	
	mol%	wt%	mol%	wt%	mol%	wt%
1	80	67.4	5	10.9	15	21.7
2	70	55.7	5	10.3	25	34.1
3	60	36.1	5	9.7	35	45.1
4	60	41.1	20	35.4	20	23.5
5	55	36.8	20	34.6	25	28.7

Table 2 Composition of glasses in the B₂O₃-Fe₂O₃-K₂O system (mol % and Wt %)

Glass No.	B ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		K ₂ O	
	mol%	wt%	mol%	wt%	mol%	wt%
1	80	63.3	5	10.2	15	26.5
2	70	50.4	5	9.3	25	40.3
3	60	39.7	5	8.5	35	51.8
4	60	38.8	15	25.1	25	36.1
5	55	34.2	15	24.1	30	41.7
6	50	30.0	15	23.2	35	46.9

2.2 試 料

本実験に用いた試料を下記に示す。これらは、すべて固体粉末、Fe₂O₃ 以外 1 級試。

H₃BO₃, Na₂CO₃, 薬および Fe₂O₃ (戸田工業製 99.99%)

2.3 ガラスの熔融

ガラス原料約 80g を調合し、ガラス乳鉢で十分混合したのち高アルミナ質ルツポに入れ炭化珪素発熱体使用の電気炉中で加熱熔融し、とけたガラスをステンレス板上に流しだしてガラスを作った。

2.4 測定試料

* 山口大学工業短期大学部工業化学科

** 大塚グループ

ガラスをボールミルで粉碎し、標準フルイで80 mesh 以上、100 mesh 以下の粒度のガラス粉末にフルイ分け、これを測定試料とした。

3. 磁化率の測定

3.1 磁化率

磁化率 χ_m は下式で定義される。

$$\chi_m = \mu / \mu_0 - 1$$

ここに

$$\mu_0 / \text{wbA}^{-1} \text{m}^{-1} : \text{真空の透磁率}$$

$$\mu / \text{wbA}^{-1} \text{m}^{-1} : \text{物質の透磁率}$$

さらに

$$\text{磁場の強さ } H / \text{Am}^{-1}$$

$$\text{磁化 } M / \text{Am}^{-1}$$

$$\text{磁束密度 } B \text{wbm}^{-2} = T$$

との間には下式が成立する。

$$H = B / \mu = B / \mu_0 - M$$

$$\therefore \chi_m = \mu / \mu_0 - 1 = M / H \quad \text{S.I. Rational}$$

一方, c.g.s.e.m.u. Irrational では

$$H = B / \mu = B - 4\pi M$$

$$\therefore \chi'_m = (\mu - 1) / 4\pi$$

$$\chi_m = \mu / \mu_0 - 1 \text{ は c.g.s.e.m.u. では } \chi_m = \mu - 1$$

だから

$$\chi'_m = \chi_m / 4\pi$$

質量磁化率 $\chi_\rho / \text{cm}^3 \text{kg}^{-1}$ を下式で定義する。

$$\chi_\rho = \chi'_m / \rho = \chi_m / 4\pi\rho$$

ここに, 試料の密度を ρ / kgm^{-3} とする。

体積 V / m^3 中の磁気モーメント $m / \text{Jwb}^{-1} \text{m}^2 = \text{JT}^{-1}$ の数を N とする。試料に働く磁氣的力 F / Newton は試料のポテンシャルエネルギーを U / J とすれば

$$F = -\nabla U$$

ここに, U は次式で与えられる。

$$U = -N_m B$$

$$\therefore F = -N_m \partial B / \partial Z$$

磁気モーメント m と磁化 M との間には次式が成立する。

$$M = N_m / V$$

$$\therefore \chi_m = N_m / V H$$

$$\therefore F = \chi_m V H \partial B / \partial Z$$

また

$$H = B / \mu \approx B / \mu_0$$

だから

$$F = \chi_m V B \partial B / \mu_0 \partial Z$$

この力 F に釣合う分銅の質量を w / kg とすれば

$$-\mu_0 w g dZ = \chi_m V B \partial B / \partial Z$$

$$-\mu_0 w g dZ = \chi_m V B dB$$

試料の質量を W / kg とすれば $W = \rho V$ だから

$$-\mu_0 w g dZ = \chi_m W B dB / \rho$$

試料の全長を l / m とし

$$-\mu_0 w g \rho \int_0^l dZ = \chi_m W \int_0^{B_0} B dB$$

$$\mu_0 w g \rho l = \chi_m W B_0^2 / 2$$

既知質量磁化率 χ_{ρ_0} の物質を同じ条件で測定して w, W に対して w_0, W また ρ に対して ρ_0 とすれば

$$\mu_0 w_0 g \rho_0 l = \chi_{m_0} W_0 B_0^2 / 2$$

$$w \rho / w_0 \rho_0 = \chi_m W / \chi_{m_0} W_0$$

$$\therefore \chi_\rho / \chi_{\rho_0} = (\chi_m / 4\pi\rho) / (\chi_{m_0} / 4\pi\rho_0) = (w / W) / (w_0 / W_0)$$

ここに, 既知質量磁化率 MnCl_2 の値 $\chi_{\rho_0} = 107.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{g}^{-1}$ を用いる。

3.2 操作

標準試料として乾燥粉末の塩化マンガンを用い、試験管に密にしかも均一に詰める。これをグイ天秤より木線糸でつり試験管が鉛直になるように下におもりをつるす(おもり20g)。管の中央部がほぼ磁場最大の位置になるように木線糸の長さを調節する。常磁性磁化率が大きい試料の場合には、磁場をかけたときに試験管が磁極に引きつけられて接触することがあるから注意が必要である。位置が決定したらこの位置で磁場がないときの全質量を測定する。次に電磁石に4Aの電流を流し、飽和磁化 B_0 になるように磁場を増加させこの状態で再び質量を測定する。この両者の質量差を w とする。標準試料 MnCl_2 の磁化率は $\chi = 107.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{g}^{-1}$ (25°C) である。次にガラス粉末試料を試験管に密に均一に詰める。以後の操作は塩化マンガンの場合と同様である。

4. 実験結果

ガラス試料の磁化率 $\chi (\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$ を Table 3, 4 に示す。

Table 3 Magnetic susceptibility of glass χ in the $\text{B}_2\text{O}_3\text{--Fe}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O}$ system

Glass No.	$\chi \times 10^6 (\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$
1	186.76
2	115.13
3	113.40
4	1600.46
5	1527.30

Table 4 Magnetic susceptibility of glass χ in the B₂O₃-Fe₂O₃-K₂O system

Glass No.	$\chi \times 10^6 (\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$
1	62.43
2	56.98
3	47.10
4	168.52
5	71.41
6	64.92

5. 考 察

5.1 磁化率と組成との関係

Fe₂O₃ の mol% によって磁化率が影響されることを考慮して Fe₂O₃ 5mol% と 15mol% または 20mol% の場合の各ガラスの磁化率と R₂O mol% との関係をそれぞれの系について、Fig.1, 2 に描いた。

1) B₂O₃-Fe₂O₃-Na₂O 系

Fig.1 より Fe₂O₃ 5mol%, 20mol% の両方について Na₂O mol% 増加に伴い比例的に磁化率が減少している。しかし、その影響は Fe₂O₃ 20mol% の方に大きく依存している。

2) B₂O₃-Fe₂O₃-K₂O 系

Fig.2 より Fe₂O₃ 5mol% では K₂O mol% の増加に伴い磁化率は減少している。Fe₂O₃ 15mol% では

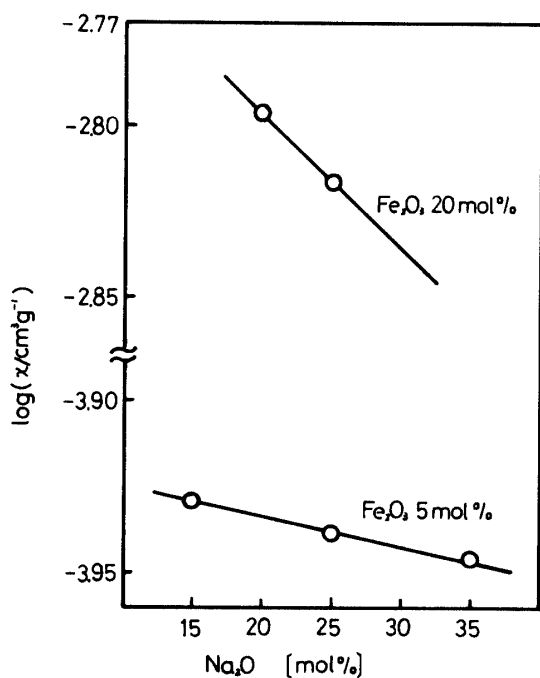


Fig.1 Relation between suscept ibility and mol% of Na₂O in B₂O₃-Fe₂O₃-Na₂O system

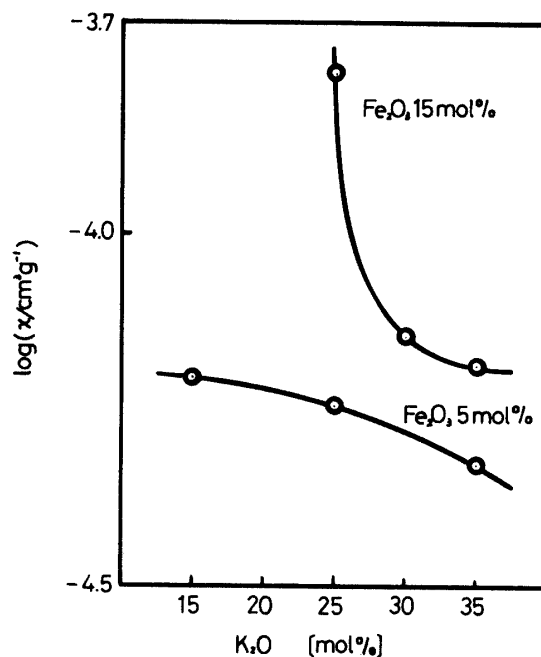


Fig.2 Relation between suscept ibility and mol% of K₂O in B₂O₃-Fe₂O₃-K₂O system

K₂O mol% が 20~25mol% で磁化率は大きな影響を受け急激な減少を示している。

6. 結 言

Fe₂O₃ を含有するガラスの磁化率は組成の他の成分、その含有量に依る影響は小さく Fe₂O₃ の mol% に大きく依存することがわかった。

参 考 文 献

- 1) 矢田部, 窯協, 80, 442 (1972)
- 2) 矢田部, 窯協, 80, 463 (1972)
- 3) 矢田部, 岡田, 杉本, 森, 山大工学部報 19, 11 (1968)
- 4) 矢田部, 岡田, 杉本, 森, 山大工学部報 21, 23 (1970)
- 5) 矢田部, 佐藤, 橋本, 山大工学部報 20, 1 (1969)
- 6) 矢田部, 山本, 山大工学部報 20, 17 (1969)
- 7) 矢田部, 美馬, 今城, 山大工学部報 21, 1 (1970)
- 8) 矢田部, 川崎, 前岡, 山大工学部報 21, 13 (1970)
- 9) 矢田部, 齊藤, 三好, 山大工学部報 22, 131 (1971)
- 10) 矢田部, 伊達, 原田, 山大工学部報 22, 121 (1971)
- 11) 矢田部, 井手, 寺司, 山大工学部報 23, 111 (1972)
- 12) 矢田部, 山大工学部報 23, 179 (1973)
- 13) 矢田部, 齊藤, 三好, 飯田, 山大工学部報 24, 47 (1973)
- 14) 矢田部, 杉原, 道祖, 関谷, 山大工学部報 24, 59 (1973)
- 15) 矢田部, 中村, 広末, 平野, 横道, 山大工学部報 25, 31 (1974)

(昭和 54 年 6 月 1 日 受理)