PbO-SiO₂-Al₂O₃ と Na₂O-SiO₂-Al₂O₃ 系ガラスの 赤外線吸収スペクトルに関する研究*

杉之原 幸 夫** 柳ヶ瀬 勉**

Yukio Suginoara and Tsutomu Yanagase : On the Infrared Absorption Spectra of Glasses in the System PbO-SiO₂-Al₂O₃ and Na₂O-SiO₂-Al₂O₃. Observation on the change of shape of silica anions in molten silicates resulting from the addition of Al₂O₃ as a third element should be of great importance in order to understand the constitution of molten slag. In the present studies, the measurements of infrared absorption spectra have been carried out for a purpose of finding the effect of Al₂O₃ on the lead and sodium silicate melts.

In PbO-SiO₂-Al₂O₃ and Na₂O-SiO₂-Al₂O₃ systems, it was found that the peak of an absorption band due to the stretching vibration (ν_3) of silicon-oxygen tetrahedron showed a shift to one of about 1020, 990 or 970 cm⁻¹ in wave number with increasing Al₂O₃ content in the silicate. For example, in the case of Al₂O₃ addition to the sodium silicate containing 33.3 mol% Na₂O, the spectrum of the original glass consists of two bands, with absorption peaks at about 1070 and 950 cm⁻¹. The peak at 1070 cm⁻¹ shifted to the lower frequency side, while the peak at 950 cm⁻¹ shifted to the higher frequency side with increasing Al₂O₃ content, and beyond 15 mol% Al₂O₃ one absorption peak was observed at approximately 990 cm⁻¹ instead of two absorption bands. The absorption band due to the vibration of AlO₄ tetrahedron in glassy silicate was observed at approximately 700~730 cm⁻¹, the intensity of which apparently increased with increasing Al₂O₃ content in the silicates.

(Received May 27, 1967)

** 九州大学工学部 (The Faculty of Engineering, Kyushu University, Fukuoka)

* 1966 年 10 月本会尼崎大会に発表

I. 結 論

金属製錬に重要な役割を果す鋳滓の構造を解明する目的で著者らは鋳滓の主成分である珪酸塩について、密度、粘度、電気伝導度、表面張力などの物理的性質⁽¹⁾⁽²⁾、さらに水溶液溶媒による抽出実験⁽³⁾などの化学的性質を測定し種々の考察を行ない、さらに熔融珪酸塩中における珪酸陰イオンの型状については赤外線吸収スペクトルにより、Pb, Zn, Ca, Ba, Na, K などの2元系珪酸塩について測定⁽⁴⁾し、すでに発表したように珪酸組成が変化すればもちろん珪酸陰イオンの型は立体網状組織からシート状、リング状などいろいろと変化するが同一珪酸組成でも、陽イオンの種類が異なれば、珪酸陰イオンの型が異なり、かつ二、三種類の型の異なる陰イオンが共存していると推定出来る結果を得た。今回はほとんどの鋳滓に多く含有される Al_2O_3 の影響を赤外線吸収スペクトルにより検討した。

珪酸塩に対する Al_2O_3 の影響の研究としては Day and Rindone⁽⁵⁾ が $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系で $\text{Al}/\text{Na} \leq 1$ である組成のとき Al^{3+} が AlO_4 四面体を作り、 $\text{Al}/\text{Na} > 1$ では6配位の Al^{3+} が生じ、 Al^{3+} が4配位をするときは、Si-O bond による ν_3 吸収帯は長波長へ移行し、6配位 Al^{3+} の出現により Si-O の ν_3 振動のピークはわずかに短波長側に移行すると述べている。また Kolesova⁽⁶⁾ は AlO_4 四面体の量は添加されたアルカリの量により決定されるとし、 $\text{R}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0$ の $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 2元系について観測し、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 2元系では Si-O-Al の結合はなく、すべての Al イオンは陽イオン状態であるとしている。Tarte⁽⁷⁾ もアルカリアルミノ珪酸塩ガラスに関して、Al イオンによる吸収を調べ AlO_4 四面体による吸収は $800\sim 700\text{ cm}^{-1}$ にあり、6配位の吸収を見出すことは困難であるが、大部分の Al イオンが4配位をしているときは AlO_6 八面体は独立して存在し、 500 cm^{-1} 付近に吸収帯があると考えている。また一般的な説明として、第一に Na^+ や K^+ のような陽イオンによつて与えられる bond は固有の赤外線吸収のスペクトルを示さない。第二に配位数が小さいほど bond の長さが短くなり振動数は多くなる。第三に独立した配位群より重合状態にある配位群の方が振動数が高くな

ると述べている。Ermolaeva and Skorobogatova⁽⁸⁾ は $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ に MgO , CaO , FeO , Na_2O 各酸化物を添加したものについて研究し、珪酸塩の構造について述べている。以上のような研究が報告されているが、いずれもある一部の組成範囲に限られているので、著者らは出来るだけ広範囲の組成について測定した結果を述べる。

II. 試料および方法

試料は $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{PbO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系について測定した。 Na_2CO_3 , Al_2O_3 , PbO は特級試薬を SiO_2 は水晶粉末を用い、各々目的量精秤し良く混合した後、白金(ロジウム30%)ルツボにて、熔融、攪拌後鉛珪酸塩系は水中に急冷、ナトリウム珪酸塩系はルツボ外部より急冷し、ガラス状とした。それを約 2μ 以下に粉碎、その $0.5\sim 1.5\text{ mg}$ を KBr 200 mg と良く混合し真空中で加圧成型した錠剤を赤外線吸収スペクトルの試料とした。装置は分光器に格子を用いた島津製作所製 IR-27 G で、波数 $1700\sim 400\text{ cm}^{-1}$ の範囲を測定した。

III. 測定結果

1. $\text{PbO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 系

この系の状態図の一部を Fig. 1 に示す。図中大線上の黒点が測定した試料である。この系については I, II, III の三つの系列について測定を行なつた。I の系列は SiO_2 65 mol%, II, III の系列は SiO_2 がそれぞれ 50, 33.3 mol% の

Fig.1 Compositions of the glasses used in the system $\text{PbO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$.

- (1) H. Ito and T. Yanagase : Trans. JIM, **1** (1960), 115.
- (2) Y. Sugihara, T. Yanagase and H. Ito : Trans. JIM, **3** (1962), 227.
- (3) 伊藤, 柳ヶ瀬, 杉之原, 坂田 : 九州鋳山学会誌, **30** (1962), 68; 柳ヶ瀬, 杉之原, 松永, 坂田 : 九州鋳山学会誌, **31** (1963), 457; 伊藤, 柳ヶ瀬, 杉之原 : 日本鋳業会誌, **82** (1966), 31.
- (4) 杉之原, 柳ヶ瀬 : 第4回窯業基礎討論会, (1966); 本会春期講演概要, 1966年4月, p.90.
- (5) D. E. Day and G. E. Rindone : J. Amer. Cer. Soc., **45** (1962), 489.
- (6) V. A. Kolesova : The Structure of Glass, **7** (1966), 34.
- (7) P. Tarte : Physics of non Crystalline Solids, p.549.
- (8) E. V. Ermolaeva and I. V. Skorobogatova : The Structure of Glass, **7** (1966), 30.

鉛珪酸塩に Al₂O₃ を目的重量%添加した試料である。

SiO₂ 65 mol% の鉛珪酸塩に Al₂O₃ を 5~25 wt% 添加し

添加量とともに増加している。Al₂O₃ 15% 以上の波数約 600 cm⁻¹ の吸収ピークは前に述べた corundum の結晶析

Fig.2 Infrared absorption spectra of lead silicate glasses (65 mol% SiO₂) with 0~25 wt% of Al₂O₃ added.

Fig.3 Infrared absorption spectra of lead silicate glasses (50.0 mol% SiO₂) with 0~20 wt% of Al₂O₃ added.

たときの結果を Fig.2 に示す。原型における Si-O bond の伸縮振動 ν_3 による吸収ピークは波数約 1025 cm⁻¹ にあり、また伸縮振動 ν_1 によるピークは約 790 cm⁻¹ にある。これに Al₂O₃ を添加すると、5 wt% 添加までは、ほとんど赤外線吸収スペクトル曲線に変化を与えない。しかし 6% 以上になると同図で判るように Si-O bond の ν_3 による吸収ピークの波数はほとんど変化しないが酸素と 4 配位する Al イオンの Al-O bond による吸収と思われる波数約 720 cm⁻¹ の吸収ピークが急に現われ、Al₂O₃ の量とともにその吸収量は増加している。Al₂O₃ 25% にある波数約 600 cm⁻¹ の吸収は corundum の結晶析出によるものと思われる。

Fig.3 は PbO-SiO₂ 化合物に Al₂O₃ を 0~20 wt% 添加したときで、この原型の Si-O bond による吸収は波数約 975 cm⁻¹ にあり、Al₂O₃ 添加によりその波数は約 990 cm⁻¹ まで移動する。しかし Al₂O₃ の添加量がさらに増大しても波数はほとんど移動しなくなる。Al-O bond による振動の吸収は Al₂O₃ 2.5% までは現われないが、それ以上で現われ Al₂O₃ の量とともに吸収量が増加している。

Fig.4 は 2PbO-SiO₂ 化合物に Al₂O₃ を 0~17 wt% 添加した場合で原型の Si-O bond の吸収は、波数約 900 cm⁻¹ にある。Al₂O₃ の添加により 1~2% までは、その曲線にほとんど変化を与えないが、3% 以上になると波数 900 cm⁻¹ の吸収帯に分裂が生じ、新たに波数約 970 cm⁻¹ に吸収が生じ、結局 900, 970 cm⁻¹ の二つの吸収ピークが存在するようになる。波数約 970 cm⁻¹ の吸収帯の吸収量は Al₂O₃ の

Fig.4 Infrared absorption spectra of lead silicate glasses (33.3 mol% SiO₂) with 0~17 wt% of Al₂O₃ added.

出によるものと思われる。

以上 PbO-Al₂O₃-SiO₂ 系の結果から、Al-O bond の振動による吸収帯を状態図にとらみ合わせて考察して見ると、

Fig. 5 Composition of the glasses used in the system $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$.

初晶に SiO_2 , $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ などの化合物が析出する組成範囲では現れないが, Al_2O_3 がそれ以上添加されると酸素と 4 配位すると思われる Al イオンの Al-O bond による吸収ピークが波数約 720 cm^{-1} に急に出現する。さらに Al_2O_3 が多く添加され, 初晶に corundum が析出する組成範囲になると $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ の Al-O bond による吸収帯が波数約 600 cm^{-1} に現われるものと思われる。

2. $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$

この系の状態図を Fig. 5 に示し, かつ点で試料の位置を太線でその系列を示しておく。以下各系列別に測定結果を述べる。

Fig. 6 は C.O の系列で $\text{Na}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3$ が 1:1 の組成に SiO_2 を 40~80 mol% 添加したときの関係で SiO_2 が減少すれば, 珪酸陰イオンの型が小さくなり, Si-O bond の吸

Fig. 6 Infrared absorption spectra of $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ system:

	mol% Na_2O	mol% SiO_2	mol% Al_2O_3
811	10	80	20
8512	12.5	75	12.5
711	15	70	15
722	17.5	65	17.5
622	20	60	20
6625	25	50	25
433	30	40	30

Fig. 7 Infrared absorption spectra of sodium silicate glasses ($85.0\text{ mol}\% \text{SiO}_2$) with $0\sim 25\text{ mol}\%$ of Al_2O_3 added.

収帯は高波数から低波数へと移動する。ただし SiO_2 60~50 mol% の間は移動がなく吸収ピークの波数は約 990 cm^{-1} となつている。また波数 $800\sim 700\text{ cm}^{-1}$ の範囲では高珪酸側の試料番号 811, 8512, 711 の試料は, Si-O bond の ν_1 振動

Fig.8 Infrared absorption spectra of sodium silicate glasses (66.6 mol% SiO₂) with 0~40 mol% of Al₂O₃ added.

Fig.9 Infrared absorption spectra of sodium silicate glasses (40.0 mol% SiO₂) with 0~30 mol% of Al₂O₃ added.

による波数約 800 cm⁻¹ と Al-O bond による 710 cm⁻¹ の吸収との二つのピークが、共存することが明瞭である。

Fig.7 は C.1 の系列で、SiO₂ 85 mol% のナトリウム珪酸塩に Al₂O₃ を 5~25 mol% 添加した場合で、原型には波数約 1075 と 790 cm⁻¹ に Si-O bond による伸縮振動 ν_3 , ν_1

Fig.10 Infrared absorption spectra of Na₂O-SiO₂-Al₂O₃ system:

mol% Na ₂ O	mol% SiO ₂	mol% Al ₂ O ₃
80	20	80
721	20	70
622	20	60
522	20	55
523	20	50
424	20	40

Fig.11 Infrared absorption spectra of Na₂O-SiO₂-Al₂O₃ system:

mol% Na ₂ O	mol% SiO ₂	mol% Al ₂ O ₃
70	30	70
631	30	60
532	30	50
433	30	40
334	30	30

Fig.12 Infrared absorption spectra of $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ system:

	mol% Na_2O	mol% SiO_2	mol% Al_2O_3
70	30	70	—
721	20	70	10
711	15	70	15
8517	13	70	17
712	10	70	20

Fig.13 Infrared absorption spectra of $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ system:

	mol% Na_2O	mol% SiO_2	mol% Al_2O_3
50	50	50	—
541	40	50	10
532	30	50	20
6625	25	50	25
523	20	50	30

Fig.14 Infrared absorption spectra of binary sodium silicate glasses containing from 40 to 90 mol% SiO_2 .

Fig.15 Infrared absorption spectra of $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ system:

	mol% Na_2O	mol% SiO_2	mol% Al_2O_3
901	—	90	10
811	10	80	10
8510	13.5	76.5	10
721	20	70	10
631	30	60	10
541	40	50	10
451	50	40	10
4010	54	36	10
361	60	30	10

Fig.16 Infrared absorption spectra of Na₂O-SiO₂-Al₂O₃ system:

	mol% Na ₂ O	mol% SiO ₂	mol% Al ₂ O ₃
802	—	80	20
812	5	75	20
712	10	70	20
622	20	60	20
6620	26.6	53.3	20
532	30	50	20
442	40	40	20
4020	48	32	20

の吸収帯をもつが、Al₂O₃ が添加されると 1075 cm⁻¹ に吸収ピークをもつ吸収帯は低波数側に移動し、PbO-SiO₂ (65 mol%) 系のときと同様に波数約 1020 cm⁻¹ で一定となる。波数約 790 cm⁻¹ の吸収帯は、Al₂O₃ 5% までは変化なく、Al₂O₃ 10 mol% 以上になると、波数約 720 cm⁻¹ に吸収ピークをもつ Al-O の bond による吸収が現われ、吸収帯が分裂したような形となる。

Fig.8 は C.2 の系列で SiO₂ 66.6 mol%, すなわち Na₂O·2SiO₂ 化合物に Al₂O₃ を 0~40 mol% 添加したもので、原型は波数約 950 と 1070 cm⁻¹ に二つの吸収ピークをもつ Si-O の ν₃ 振動による吸収帯と 770 cm⁻¹ に Si-O の ν₁ 振動による吸収をもつが、Al₂O₃ 添加により 950 と 1070 cm⁻¹ の両ピークは接近し、Al₂O₃ 15 mol% 添加で 1 個の吸収となり、それは PbO·SiO₂ 化合物に Al₂O₃ を添加したときと同じように波数 990 cm⁻¹ にピークをもつ吸収帯となり、それ以上 Al₂O₃ が増加しても、そのピークは移動しなくなる。波数約 770 cm⁻¹ にピークをもつ Si-O の ν₁ 振動による吸収帯は Al₂O₃ の添加とともに減少し、波数 700~720 cm⁻¹ に吸収をもつ Al-O bond による吸収帯のみとなる。

Fig.9 は C.3 の系列で SiO₂ 40 mol% のナトリウム珪酸塩に Al₂O₃ を 0~30 mol% 添加したときで原型は波数約 1000 cm⁻¹ にピークをもつ Si-O の ν₃ 振動による大きな吸

収帯と波数約 725 cm⁻¹ に ν₁ 振動による小さい吸収帯をもつが、Al₂O₃ の添加とともに波数約 1000 cm⁻¹ にピークをもつ吸収帯は低波数に移行し、2 PbO·SiO₂ 系のときのように波数約 970 cm⁻¹ にピークをもつ吸収帯になる。この系るとき Al-O bond による吸収帯は、波数約 700~690 cm⁻¹ に現われ、Al₂O₃ の量とともに吸収量も増大している。

Fig.10 は N.1 の系列で、SiO₂ 80, Na₂O 20 mol% の珪酸塩を原型とし Na₂O の量を 20 mol% 一定とし、SiO₂ を Al₂O₃ で置換していったときである。SiO₂ が減少すれば、珪酸陰イオンの型も小さくなり、波数は低い方約 990 cm⁻¹ まで移行する。しかし試料番号 622 の SiO₂ 60, Na₂O 20, Al₂O₃ 20 mol% の組成より、Al₂O₃ が多くなつても波数 990 cm⁻¹ より低波数には移動しなくなり、結局一定の型の珪酸陰イオンとなるように思われる。

Fig.11 は N.2 の系列で N.1 の系と同じく Na₂O 一定でその量 30 mol%, すなわち SiO₂+Al₂O₃ が 70 mol% の 3 元珪酸塩で Al₂O₃ 零のときは波数約 970 と 1070 cm⁻¹ に Si-O bond の ν₃ 振動による吸収帯が分裂した型をしている。SiO₂ が Al₂O₃ で置換されていくと 970 cm⁻¹ のピークの位置はほとんど変化しないが、1060 cm⁻¹ のピークは低波数側へ移行し、Al₂O₃ が 30 mol% 添加されると 970 cm⁻¹ にピークをもつ一つの吸収帯となる。波数 700 cm⁻¹ 付近の Al-O bond による吸収帯の吸収量は、Al₂O₃ の量とともに増大している。

Fig.12 は S.1 の系列で、SiO₂ を 70 mol% 一定とし、Na₂O を Al₂O₃ と置換していった 3 元系で原型の赤外線吸収スペクトルは波数約 1070 と 970 cm⁻¹ にピークをもつ ν₃ 振動による吸収帯と波数約 770 cm⁻¹ にピークをもつ ν₁ 振動による吸収を持つている。Na₂O の 10 mol を Al₂O₃ で置換すると、波数 970 cm⁻¹ の吸収は消滅し、1070 cm⁻¹ の吸収ピークは約 1035 cm⁻¹ まで移動する。さらに Na₂O を Al₂O₃ で置換していくと、波数は低い方に移動するが大体 1025~1015 cm⁻¹ の範囲内で移動する割合が非常に少ない。

Fig.13 は S.2 の系列で SiO₂ 50 mol% のナトリウム珪酸塩の SiO₂ 量を一定として Na₂O を Al₂O₃ で置換したときで原型の Si-O bond の ν₃ 振動による吸収帯は波数約 1025 と 930 cm⁻¹ にピークをもつが、Al₂O₃ が添加されると 1025 cm⁻¹ の吸収ピークは消え、930 cm⁻¹ のピークが高波数側にずれ約 990 cm⁻¹ まで移動し大体一定となる。

Fig.14 は Na₂O-SiO₂ 2 元系の赤外線吸収分光分析の結果で、Na₂O が増加すれば珪酸陰イオンの網状組織は切断され、その吸収ピークは低波数側に移行し大体 SiO₂ 70, Na₂O 30 mol% から SiO₂ 50, Na₂O 50 mol% の間で完全に吸収帯のピークが二つ分裂して存在することが認められる。

Fig.15 は A.1 の系列で、Al₂O₃ 10 mol% 一定で、SiO₂ 90~30 mol%, Na₂O を 0~60 mol% の間をそれぞれの割合で混合した 3 元系珪酸塩で Na₂O の増加とともに前記の

$\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 2 元系 のときと同様に $\text{Si}-\text{O}$ の ν_3 振動による吸収帯のピークは低波数側に移動し、2 元系 のときと同様 Na_2O 30 mol% から 50 mol% の間では明らかに吸収帯が二つのピークに分裂していることが判る。

Fig. 16 は A.2 系列で A.1 と同様に Al_2O_3 一定で SiO_2 と Na_2O の量をそれぞれ変化した 3 元系で Al_2O_3 20 mol% のときである。この系でも前の A.0, A.1 のときと同様に Na_2O 増加とともに吸収帯は低波数側に移動し Na_2O 30~50 mol% の範囲で二つのピークに分裂している。

IV. 考 察

以上の結果から $\text{Si}-\text{O}$ bond の ν_3 振動による吸収帯のみについて、その吸収ピークの波数と Al_2O_3 の組成との関係を総括してみると、**Fig. 17** のようになり、上段は SiO_2 :

Fig. 17 The relation between the wave number of absorption peak (ν_3) and compositions of Al_2O_3 in sodium silicate.

Na_2O の比が一定のものに Al_2O_3 が添加されたとき、中段は Na_2O 組成一定のもの、下段は SiO_2 組成一定のものに、それぞれ Al_2O_3 を添加したときで、いずれの場合も Al_2O_3 を添加すると $\text{Si}-\text{O}$ bond の ν_3 振動による吸収帯のピークは移動するが、 Al_2O_3 の添加量がある程度以上になると移動はなくなり、波数約 1020, 990, および 970 cm^{-1} にピークをもつ三つの吸収帯のいずれかに落着く結果となつている。このことは $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ 系についても同様でこの結果がこの **Fig. 18 (b)** であり、ナトリウム珪酸塩のときと同じく

Al_2O_3 添加により波数約 1020, 990, 970 cm^{-1} にピークをもつ吸収帯のいずれかに収斂することが認められた。これら

Fig. 18 A: The relation between the wave number of absorption peak (ν_3) and compositions of SiO_2 in $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ system.

B: The relation between the wave number of absorption peak (ν_3) and compositions of Al_2O_3 in lead silicate.

の吸収帯をもつ珪酸陰イオンの型を著者らが測定した PbO , ZnO , BaO , CaO , $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 系珪酸塩より推定した珪酸陰イオンの型と赤外線吸収スペクトルによる吸収帯ピークの波数の位置とを照合してみると、波数約 1020 cm^{-1} にピークをもつ珪酸陰イオンの型は $(\text{Si}_{2n}\text{O}_{5n}^{2n-1})^-$ のシート状のもので、970 cm^{-1} のものは $(\text{Si}_n\text{O}_3^n^-)$ の鎖状またはリング状のものと一致することが分つた。990 cm^{-1} にピークを示すものは前回にはなかつたが、おそらくダブルチェンのような珪酸陰イオンのもつ吸収であると思われる。それで Al_2O_3 添加により、巨大な $\text{Si}-\text{O}$ の network は切断されるが、最終的には Al イオンは珪酸イオンのシートとシートの間、チェンとチェンの間に存在し、それぞれを結合している型になると推定出来る。上図はナトリウム珪酸塩 2 元系と、それに Al_2O_3 を 10, 20 mol% 添加したときで、横軸は SiO_2 の組成である。この結果から Al_2O_3 の添加量だけ右にずれたような結果となつている。これを Na_2O の組成との関係にすると、この 3 種の系の曲線はほとんど重なるが、 Na_2O 30~50 mol% の吸収帯が二つに分裂している範囲での低波数側、すなわち 930 cm^{-1} の吸収ピークの波数は 3 者とも変わらないが、それ以外の吸収ピークの波数は Al_2O_3 が多く添加されるほど低波数側にずれている。

なお本測定結果から Al イオンの 4 配位、6 配位の存在範囲をも観測する予定であつたが、6 配位の Al-O bond による吸収曲線が赤外に現われなかつたため、検討することができなかつた。