

単結晶 NaCl の直流電気抵抗と湿度の関係*

北 川 啓**

(昭和52年4月30日受理)

Relationships between the d. c. Electric Resistance of NaCl Single Crystal and Relative Humidity

by Hiraku KITAGAWA

The purpose of the present work is to develop the low electric resistance sensor for humidity measurement, because now the hygrometers of electric resistance type have been using the very high electric resistance sensors, and then are very expensive.

The d. c. electric resistances of NaCl single crystals were measured by low cost ohmmeter through the electrodes attached on the surfaces of both sides of the cleaved NaCl single crystals.

The cleaved surfaces have the area of $7.7 \times 7.7 \text{ mm}^2$, and the thickness of crystal was from 1.4 to 5.2 mm. The electrode materials used in this work were nickel, stainless steel and carbon.

The measured values of the d. c. electric resistance of NaCl single crystal of 3.1 mm thick ranged between $2 \text{ M}\Omega$ and $50 \text{ K}\Omega$ over the range of relative humidities from 45% to 90%. These values did not change for three kinds of electrode materials; Ni, stainless steel and C.

1. ま え が き

従来実用あるいは研究された電気抵抗湿度計の感湿抵抗素子の材料は一般に電気抵抗が高く $\text{M}\Omega$ の単位である^{1~7),9~12)}。従ってこの素子に接続される計器の価格が高価なものになる。

この研究は従来の電気抵抗湿度計の感湿抵抗素子よりも電気抵抗の低い感湿抵抗素子の開発を目的として行なわれたものである。

試料として用いた単結晶 NaCl が相対湿度 45~90% の変化範囲において電気抵抗の変化が試料の厚さ 3.1 mm, 電極材料が Ni, ステンレススチール, C において約 $2 \text{ M}\Omega \sim 50 \text{ K}\Omega$ 程度の変化範囲にあることが知れたのでその結果を以下にのべる。

2. 試 料 の 作 成

感湿抵抗体としてその電気抵抗を $\text{K}\Omega$ 程度の範囲で変化させる為には電解質⁵⁾ や炭素⁸⁾ を

* 電気四学会北海道支部大会講演 (昭和51年, 10月, 札幌)

** 北見工業大学電子工学科

用いることが考えられる。また電解質として基本的かつ潮解性のないものが感湿抵抗体の基礎研究の材料として適当であると考えられるのでこの実験では単結晶 NaCl を用いた。

単結晶 NaCl の劈開面面積が $7.7 \text{ mm} \times 7.7 \text{ mm}$ 、劈開面に垂直な方向の厚さがそれぞれ 1.4, 2.0, 3.1, 4.3, 5.2 mm の試料を 5 箇作成し、図 1 に示すように電極ではさみ、これを約 1~1.3 kg 重の力の目丸クリップではさんだ。岩塩と電極の間に 24 時間以上飽和食塩水に浸漬した濾紙の切片の表面水分をとり去ったものをはさみ電氣的接触の安定を保った。NaCl をはさんだ電極の種類は下記の通りである。

電極の種類：電解用の炭素、ニッケル（一級、和光純薬工業株式会社）、市販のステンレススチール板。

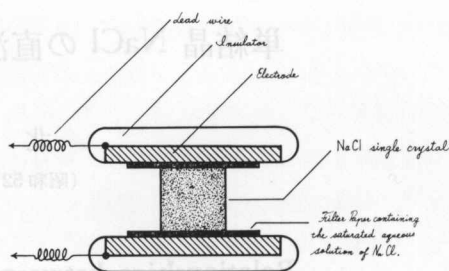


図 1 試料

Fig. 1. Sample and electrodes.

3. 装置および測定

図 1 の試料を図 2 に示すように恒湿槽に入れ、素子のリード線を抵抗計に接続する。恒湿槽の湿度調整は前報^{3),4)}で述べた場合と同様に行なった。測定に用いた計器は下記の通りである。

湿度計：AY-1 型、株式会社エース研究所製。抵抗

計：EM-800、株式会社三和計器製作所製。

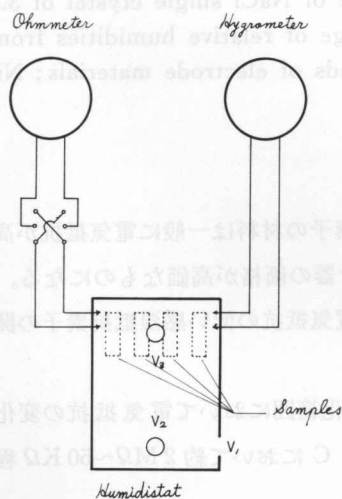


図 2 測定装置

Fig. 2. Measuring system.

4. 実験結果

図 3, 4, 5 は NaCl をはさんだ電極がそれぞれニッケル、ステンレススチール、炭素の場合における単結晶 NaCl の湿度—電気抵抗特性である。図中の $\times 100 \text{ K}$ 、 $\times 1 \text{ K}$ 、 $\times 100$ はそれぞれ抵抗計の抵抗測定切換レンジを示し、垂直破線はレンジ切換における電気抵抗の違いの対応線である。図 3, 4, 5 より NaCl をはさんだ電極材料の種類により表 1 に示す程度の電気抵抗の変化がえられることが分る。図 6 は単結晶 NaCl の厚さが 4.3 mm、ニッケル電極の場合における電気抵抗と湿度の関係を示す履歴の経時変化を調べたものである。図 6 より一回目の履歴測定後 2 時間以内の経過時間では著しい経時変化はみられないが 2 時間以後は経時変化の大きいことが知れる。

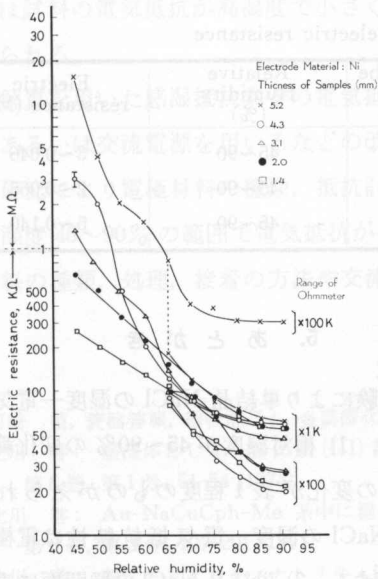


図3 単結晶 NaCl の電気抵抗と湿度の関係, 電極材料がニッケルの場合

Fig. 3. Electric resistance vs. relative humidity for NaCl single crystals with various thicknesses as measured at three different ranges of ohmmeter. (Electrode material: nickel.)

図4 単結晶 NaCl の電気抵抗と湿度の関係, 電極材料がステンレスの場合

Fig. 4. Electric resistance vs. relative humidity for NaCl single crystals with various thicknesses as measured at two different ranges of ohmmeter. (Electrode material: stainless steel.)

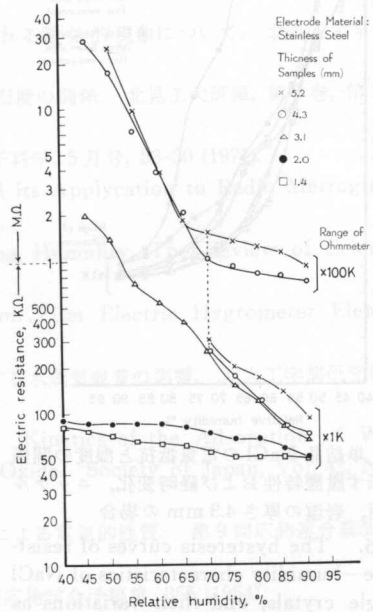
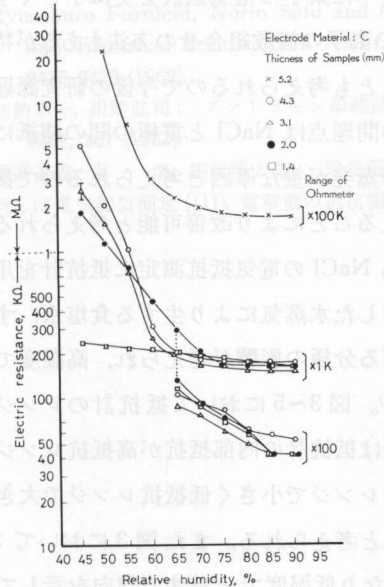


図5 単結晶 NaCl の電気抵抗と湿度の関係, 電極材料が炭素の場合

Fig. 5. Electric resistance vs. relative humidity for NaCl single crystals with various thicknesses as measured at three different ranges of ohmmeter. (Electrode material: carbon.)

表 1

Table 1. Measured values of electric resistance

Electrode Material	Range of Ohmmeter	Thickness of the NaCl Single Crystal (mm)	Relative Humidity (%)	Electric resistance (M Ω)
Nickel	$\times 1$ K	1.4~4.3	45~90	3~0.046
Stainless steel	$\times 1$ K	3.1	45~90	2~0.065
Carbon	$\times 1$ K	2.0~4.3	45~90	5~0.140

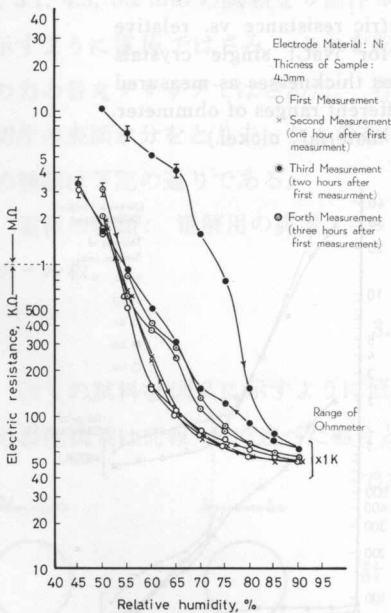


図6 単結晶 NaCl の電気抵抗と湿度の関係を示す履歴特性および経時変化、ニッケル電極、岩塩の厚さ 4.3 mm の場合

Fig. 6. The hysteresis curves of resistance-humidity characteristics of NaCl single crystals, and their variations as measured after one hour duration. (Electrode material: Ni, Thickness of NaCl crystal: 4.3 mm)

5. あとがき

この実験により単結晶 NaCl の湿度—電気抵抗特性として、1) 相対湿度が 45~90% の変化範囲内で電気抵抗の変化が表 1 程度のものがえられる。2) 単結晶 NaCl の湿度—電気抵抗特性は電極材料の影響をうける。3) 単結晶 NaCl の劈開面に垂直な方向の厚さが 1.4 mm 程度になると電気抵抗の湿度による変化が著しく小さくなる。4) 湿度—電気抵抗特性についての履歴は経時変化をもっており、NaCl を電極にはさんでからの経過時間 2 時間以内では著しい差異は認められないが 2 時間以後の変化が大きい。などが分った。

1) に述べた素子の電気抵抗を更に小さくする為には図 1 の素子の複数組合せの方法もあるが特性が悪くなることも考えられるので今後の研究課題とされる。4) の問題点は NaCl と電極の間の濾紙に含まれる水分の蒸発が重なる原因と考えられるので接着の方法をかえることにより改善可能と考えられる。

単結晶 NaCl の電気抵抗測定に抵抗計を用いたことは直流電源による抵抗の測定であり NaCl に吸着した水蒸気により生ずる食塩水、すわなち電解液の抵抗測定に外ならない。従って電極に生ずる分極の影響が考えられ、高湿度で試料の電気抵抗が小さくなる為分極が無視できなくなる¹³⁾。図 3~5 において抵抗計のレンジ切換による電気抵抗値の差異を破線で示したが、この原因は抵抗計の内部抵抗が高抵抗レンジで高く低抵抗レンジで低いので試料に流れる電流が高抵抗レンジで小さく低抵抗レンジで大きい。従って低抵抗レンジでは分極の影響が大きくなった為と考えられる。また図 3 において $\times 1$ K レンジと $\times 100$ レンジの抵抗値の差が高湿度で大きくなり低湿度で一致する傾向を示している

がこれは試料の電気抵抗が高湿度で小さく低湿度で大きくなる為やはり分極の影響が主な原因と考えられる。

電解質を用いた感湿抵抗素子の電気抵抗を小さくすれば上述の問題が起ってくるので電極の処理あるいは交流電源を用いるなどの改善策を考えなければならない。

本研究により電極材料の種類, 抵抗計の測定レンジ, および試料の厚さを適当に選ぶならば相対湿度 45~90% の範囲で電気抵抗が $K\Omega$ の範囲の素子がえられることが知れた。今後は電極材料の種類, 処理, 接着の方法や交流電源による測定などの問題を研究課題としたい。

文 献

- 1) 河崎 慎, 蓑輪善藏, 稲松照子: 金属酸化物感湿体. 応用物理, **35-5**, 355-359 (1966).
- 2) 北川 啓: 感湿体としての酸化鉄 (III) 薄膜の電気抵抗と相対湿度の関係について. 北見工大研報, 第 6 巻, 第 1 号, 51-54 (1974).
- 3) 北川 啓: Au-NaCuCph-Me 系中に湿度により誘起される電氣的現象について. 北見工大学研報, 第 8 巻, 第 2 号, 197-201 (1977).
- 4) 北川 啓: 銅クロロフィリンナトリウム膜の電気抵抗と湿度の関係. 北見工大研報, 第 9 巻, 第 1 号, 77-83 (1977).
- 5) 清山哲郎, 山添 昇, 二田穂積: 感湿・感ガス素子. 電子科学, 5 月号, 53-60 (1971).
- 6) Francis W. Dunmore: an Electric Hygrometer and its Application to Radio Metrography of Standard, **20-Jun.**, 732 (1938).
- 7) J. R. Lai, G. M. Hidy: Microsensor for Measuring Humidity, The Review of Scientific Instruments, **39**, No. 8, 1197-1203 (1968).
- 8) Walter J. Smith and Nancy J. Hoeflich: The carbon Film Electric Hygrometer Element. Bull. Am. Mer. Soc., **35-2**, 60 (1954).
- 9) 古市隆三郎, 佐藤教男, 岡本 剛: 酸化鉄の導電性に対する水蒸気吸着の影響. 北大工学部研究報告, 第 56 号, 95 (1970).
- 10) Ryusaburo Furuichi, Norio Sato and Go Okamoto: Kinetics of the Adsorption of Water and Electrical Condition in Amorphous Ferric Oxide. Society of Japan, Vol. 42, No. 9, 2475-2479 (1969).
- 11) 加納享一, 川崎弘司: アントラセン単結晶の水蒸気吸着による電氣的性質. 第 9 回応物連合講演会予稿集, 167 (1962).
- 12) 橘高重義, 岸 清, 駒沢勝太郎: 電気湿度計. 第 25 回応物学会予稿集, 355 (1964).
- 13) 例えば電気磁気測定 (III), 電解液の抵抗測定, 電気学会編, 76 (1963).

Nomenclature

c_1 phase velocity

$$c_0 = \sqrt{\frac{R+3a}{\rho}} \quad (\text{primary wave velocity})$$

* Department of Development Engineering, Kitami Institute of Technology.

** Department of Civil Engineering, Hokkaido University.