

冬季日本海沿岸季節風による海塩汚損と 着雪によるポリマーがいしの絶縁特性

(課題番号：12650262)

平成12年度～平成15年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2））研究成果報告書

平成16年5月



00008669756

研究代表者 菅 原 宣 義

(北見工業大学 電気電子工学科 助教授)

北 見 工 業 大 学		
544	北 見 工 大 庁	ア
54 28		

本 館

特 別 資 料 室

冬季日本海沿岸季節風による海塩汚損と 着雪によるポリマーがいしの絶縁特性

(課題番号:12650262)

平成12年度～平成15年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2））研究成果報告書

平成16年5月

研究代表者 菅原宣義

(北見工業大学 電気電子工学科 助教授)

00008669756

北見工業大学

は し が き

本報告は、平成12年度～平成15年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2)「冬季日本海沿岸季節風による海塩汚損と着雪によるポリマーがいしの絶縁特性」)による研究をまとめたものである。

本研究は、送電線系統における冬期間の塩雪害環境で発生する事故の予測とその防止を目的として、日本海沿岸で冬期間に多く発生する季節風による塩雪害環境下での送電線用ポリマー製各種がいしとガイ管、これらポリマーがいしの観測結果の比較・検討用としての磁器製各種がいしの絶縁特性、さらに配電用磁器製耐張がいしを使用して風向とがいしの向きによる絶縁特性に関して調査・研究したものである。

各種ポリマーがいしの塩雪害環境下の絶縁特性をフィールドで観測し、磁器製各種がいしの特性と比較・検討することを目的として、絶縁特性は直流漏れ抵抗として気象条件との相関で検討した。それらの成果は国内学会で発表してきた。

研究組織

研究代表者:菅原宣義(北見工業大学 電気電子工学科 助教授)

研究分担者:保苅和雄(北見工業大学 電気電子工学科 助手)

研究協力者:伊藤 進(日本ガイシ株式会社 電力技術研究所 課長)

研究協力者:近藤邦明(日本ガイシ株式会社 電力技術研究所)

研究協力者:宮内克治(北海道電力株式会社 総合研究所)

研究協力者:田所 裕(株式会社 工学気象研究所 代表取締役)

交付決定額(配分額)

(金額単位:千円)

	直接経費	間接経費	合 計
平成12年度	2,200	0	2,200
平成13年度	500	0	500
平成14年度	500	0	500
平成15年度	500	0	500
総 計	3,700	0	3,700

研究発表

(1) 菅原宣義、土方正範、伊藤進、近藤邦明、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (1) - ポリマーがいし材料と表面抵抗 -」、

平成13年電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集、501、2001

平成13年8月1日～3日、東北大学 (仙台市)

(2) 菅原宣義、江尻将幸、南 尚嗣、伊藤進、近藤邦明、田所 裕、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (2) - 春と秋の表面抵抗特性 -」、

平成14年電気学会全国大会講演論文集、7-052、2002

平成14年3月26日～29日、工学院大学新宿校舎 (東京都)

(3) 菅原宣義、江尻将幸、伊藤進、近藤邦明、田所 裕、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (3) - 初冬のポリマーがいしの表面抵抗特性 -」、

平成14年電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集、494、2002

平成14年8月7日～9日、福井大学 (福井市)

(4) 菅原宣義、伊藤進、孫 万永、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (4) - シリコンゴムがいしの笠形状と材質の影響 -」、

平成14年高電圧研究会資料、HV-02-61、2002

平成14年12月12日、日本交通協会新国際ビル9F会議場 (東京都)

(5) 菅原宣義、渡部孝政、伊藤進、孫 万永、田所 裕、高坂裕之、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (5) - 降雪期の各種ポリマーがいしの表面抵抗 -」、

平成15年電気学会全国大会講演論文集、7-046、2003

平成15年3月17日～19日、東北学院大学 (仙台市)

(6) 渡部孝政、菅原宣義、土方正範、宮内克治、松野直也、

「直流表面抵抗による配電用磁器がいしの汚損度推定法 (2) - フィールドにおける耐張がいしの表面抵抗特性 -」、

平成15年放電研究会資料、ED-03-101、2003

平成15年8月4日、北海道大学 (札幌市)

(7) 菅原宣義、太田哲二、田所 裕、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (6) - 海岸からの距離の違いによる磁器がいし表面抵抗変化 - 」、

平成15年放電研究会資料、ED-03-100、2003

平成15年8月4日、北海道大学 (札幌市)

(8) 菅原宣義、土方正範、

「がいし表面抵抗監視システムの開発 (2) - がいし上・下面とがいし連絶縁の関係 - 」、

平成15年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集、72、2003

平成15年10月18日～19日、北海学園大学 (札幌市)

(9) 菅原宣義、渡部孝政、伊藤進、佐藤健次、田所 裕、

「塩雪害地域でのがいしのフィールド試験 (7) - 2年間の各種がいしのESDDとSDDに関して - 」、

平成16年電気学会電力・エネルギー部門大会講演論文集、379、2004

平成16年8月5日～7日、名古屋大学 (名古屋市)

(10) N. Sugawara, T. Watanabe, S. Ito and H. Takasaka, "Surface Resistance of Polymer and Ceramic Insulators subjected to Contamination with Wet-Snow and Sea-Salt, and due to Asian dust in Shore Test Site", The International Conference on Electrical Engineering (ICEE), Sapporo, July 4-8, 2004

目 次

1. まえがき	1
2. ポリマーおよび磁器製各種がいしの曝露試験	
2-1. 曝露試験	2
2-2. 曝露試験場	2
2-3. 曝露試験用供試がいし	3
2-4. 直流漏れ抵抗測定	9
2-5. 直流漏れ抵抗測定結果	11
2-5-1. 3月測定時の気象環境	11
2-5-2. 気象と直流漏れ抵抗(3月)	15
2-5-3. 5月測定時の気象環境	38
2-5-4. 気象と直流漏れ抵抗(5月)	42
2-5-5. 11月測定時の気象環境	65
2-5-6. 気象と直流漏れ抵抗(11月)	69
2-5-7. 12月測定時の気象環境	91
2-5-8. 気象と直流漏れ抵抗(12月)	95
2-6. 汚損物付着測定	120
2-7. 比較・検討	125
2-8. まとめ	126
2-9. 参考文献	127
3. 風向と配電用耐張がいしの直流表面抵抗(直流漏れ抵抗)特性	128
3-1. 高圧耐張がいしの曝露試験	129
3-1-1. 曝露試験場	129
3-1-2. 供試がいし	130
3-1-3. 供試がいしの設置方向	131
3-1-4. 測定方法	131
3-1-5. 羽幌と留萌の風向と風速	132
3-1-6. 耐張がいしの直流表面抵抗の湿度依存特性	142
3-1-7. 直流表面抵抗と気象の関係	156
3-2. まとめ	162
3-2-1. 羽幌と留萌の風向と風速	162
3-2-2. 耐張がいしの直流表面抵抗の湿度依存特性	162
3-2-3. 直流表面抵抗と気象の関係	163
3-3. 参考文献	164
4. 今後の研究	165
5. 研究成果発表のコピー	166
	200

1. まえがき

送電線路用がいしは、風によって運ばれてくる海塩粒子や塵で汚損される。がいし表面への汚損が蓄積し、雪、結露などの気象条件による湿潤が加わった場合、絶縁の異常低下によって停電事故となる場合がある。がいし汚損は耐汚損性能評価技術が進歩し、現在では塩害によるがいしの事故は大幅に減っている。しかし、台風や強い継続した季節風により海岸沿いの地域で、塩害が発生することが多く未然防止策が強く望まれている。電力会社では、送電線路のがいしの汚損を取り除くために、定期的に洗浄を行っているが、ある決められた汚損に到達したときにがいしを洗浄することができれば、コストの低減を行うことができ、経済的である。より正確な汚損度の推定が必要とされているが、そのためには、これまで以上に信頼性の高いがいしの汚損観測システムを確立する必要がある。

今回、汚損度推定の指標として汚損がいしの直流表面抵抗（直流漏れ抵抗）に注目した。季節風により塩分汚損が発生しやすい日本海沿岸にがいしの曝露試験所を設置し、各種がいしの直流漏れ抵抗を測定した。曝露試験所では、各がいしにDC+100 Vを印加し直流漏れ抵抗測定を行ない気象条件の変化に対して、どのように変化するか調べた。気象条件は、曝露試験所の風速計、湿度計などとアメダスデータを参考にした。曝露試験の結果、各がいしは湿度が上がると直流漏れ抵抗は低下し、海側から強い風にも影響されて直流漏れ抵抗が低下することがわかった。また、降雨や雪が解ける時などに直流漏れ抵抗値の低下が大きいことがわかった。

既の実験室レベルでは汚損されたがいしを模擬し、DC+100 Vを印加して直流漏れ抵抗を測定してきた^(1, 2)。この結果は、汚損度指標である塩分付着密度（Salt Deposit Density: SDD (mg/cm²)）と不溶性付着密度（Non-Soluble Deposit Density: NSDD (mg/cm²)）が大きくなると直流漏れ抵抗が低下した。さらに、直流漏れ抵抗は湿度が上がると低下することがわかっている。実験結果では湿度70%と湿度80%の間で直流漏れ抵抗が大きく変化した。これは、湿度75%でがいし表面に付着している塩粒子が水分子を吸収して潮解性を示し^(3~5)、直流漏れ抵抗が低下したからである。

これら実験室での結果を基に曝露試験結果を解析した。本報告書に載せた曝露試験結果は、平成13年度の送電線用各種ポリマーがいしと各種磁器がいしの漏れ抵抗特性、および平成15年度の配電用耐張がいしを使用しての風向とがいしの向きに依存する漏れ抵抗特性を降雪期と無降雪期に分けて解析を行い、考察した結果である。

2 ポリマーおよび磁器製各種がいしの曝露試験

2-1 曝露試験

わが国の北陸以北の日本海沿岸は、西高東低の冬型気圧配置の時に風速10 m/sをこえる北西季節風が10～15時間以上も継続して吹き、日本海上では最大波高6 m以上の波が立つことがある。このような時、台風襲来時のように多量の海塩粒子を含んだ雪ががいしに付着する塩雪害が発生する地域として知られている⁽⁶⁾。このような自然条件下に置かれた曝露試験用がいし(図3～図13)の絶縁特性を調べるために、日本海沿岸の留萌郡小平町字鬼鹿(図1)に曝露試験場(図2)を平成12年秋に構築した。本曝露試験場へ吹く風の中で北北東から南南西からの風が海からの風となる。

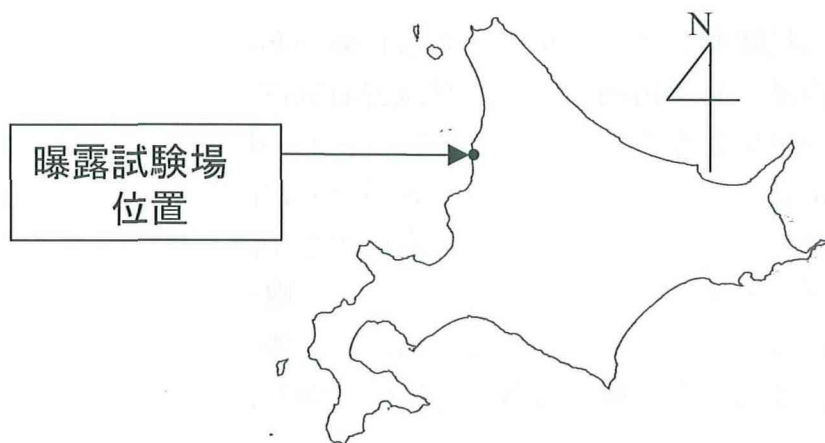


図1 曝露試験場位置

2-2 曝露試験場

曝露試験場は、海岸から続く平坦な土地で国道を挟んで海岸から直線距離で80 m離れている。地上約5 mに架設された供試がいしに直接海風が当たる条件にある。

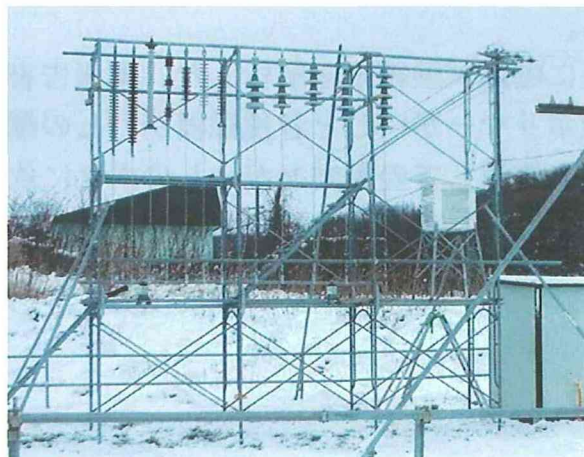


図2 曝露試験場

2－3．曝露試験用供試がいし

屋外での直流漏れ抵抗測定に使用したがいしは、次の通りである。図3にシリコンゴムがいし(SiR: 相関スパーサー用)、図4にEPDMがいし(相関スパーサー用)、図5にPorcelain(相関スパーサー用磁器がいし)、図6にEVAがいし、図7に標準懸垂磁器がいし3個連、図8に耐塩懸垂磁器がいし3個連、図9にRTV-RS(同径笠)がいし、図10にHTV-RS(同径笠)がいし、図11にHTV-AS(段違笠)がいし、図12にHI-AS(がい管段違笠)がい管、図13にHI-RS(がい管同径笠)がい管を示している。

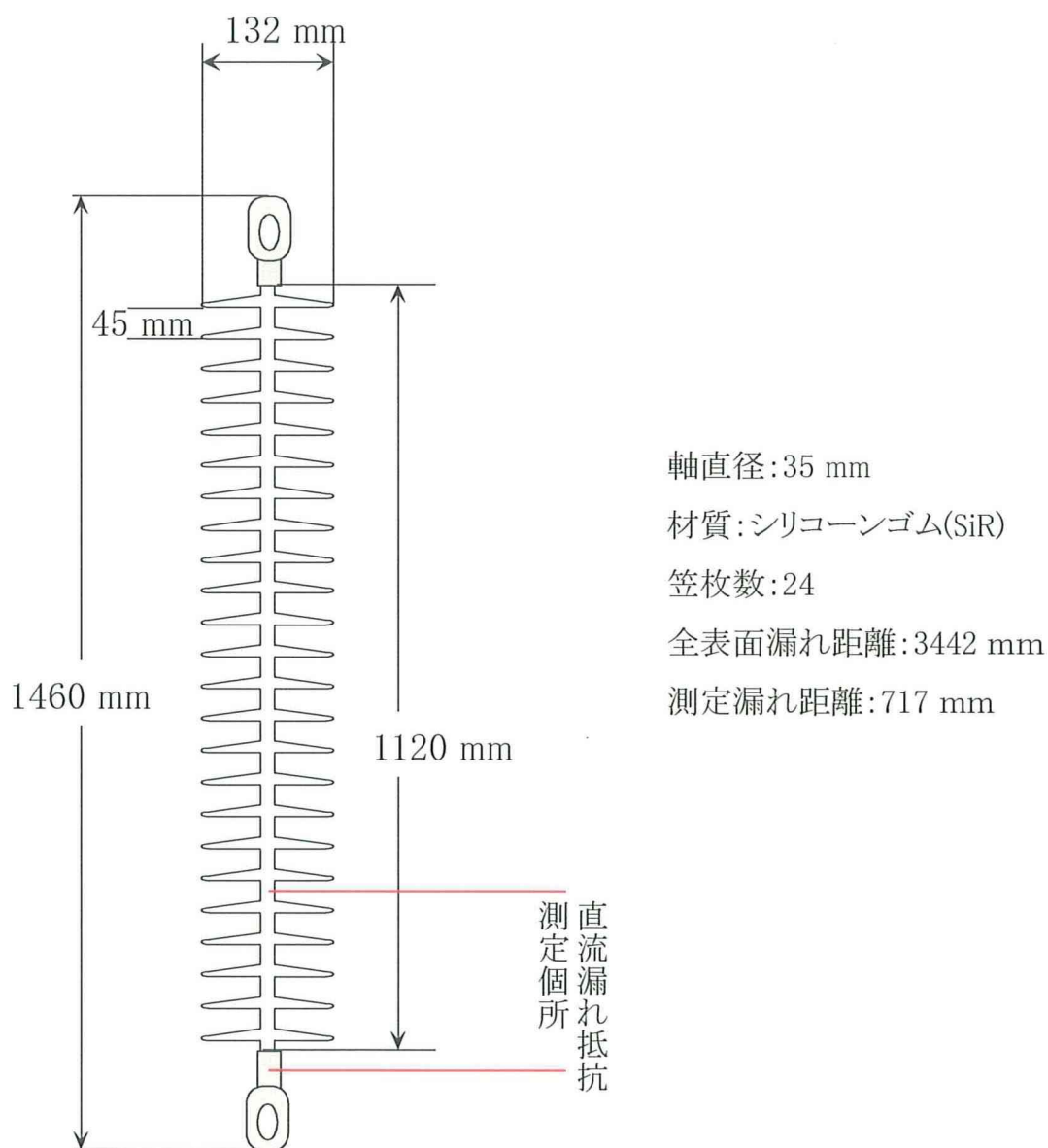
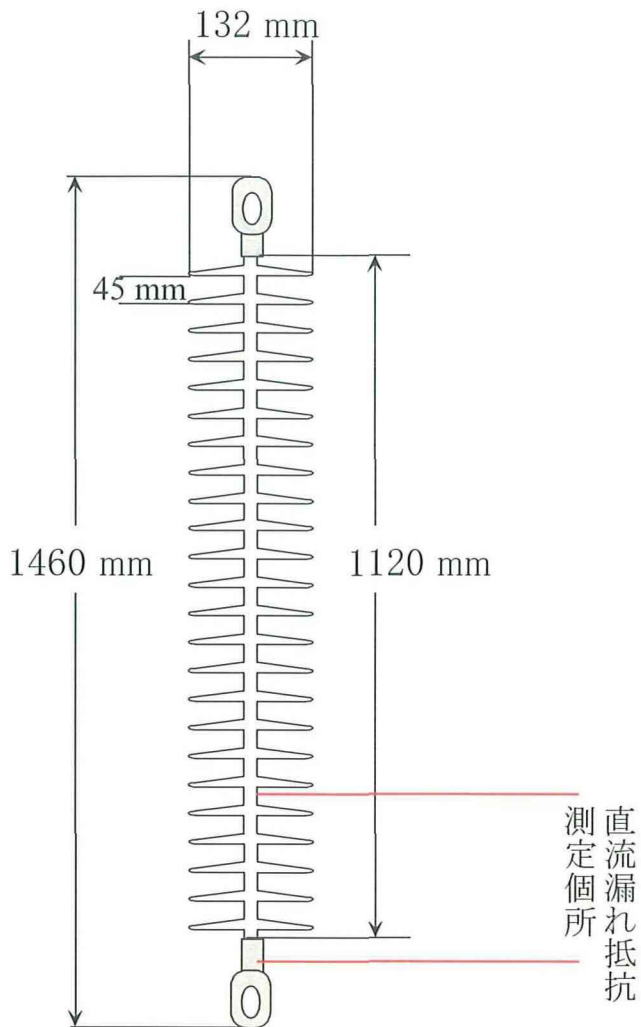


図3 SiRがいし(相関スパーサー用)の形状と寸法



軸直径:35 mm

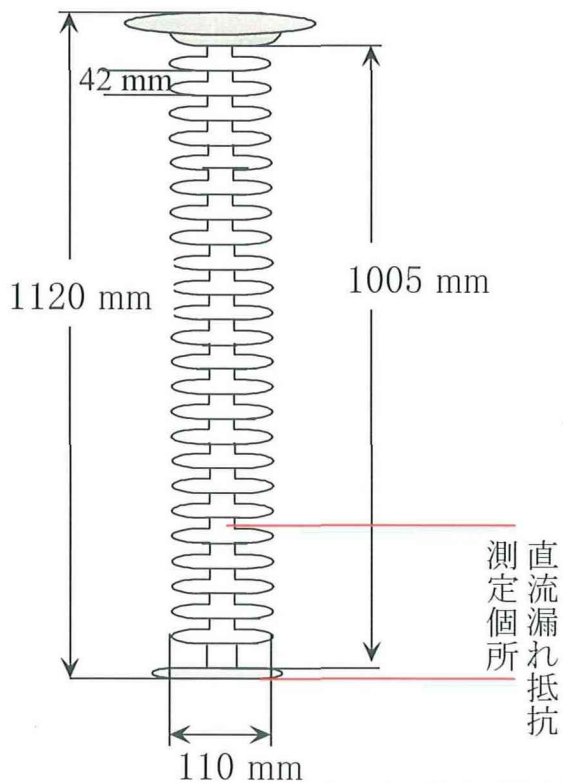
材質:エチレンプロピレンジエンゴム(EPDM)

笠枚数:24

全表面漏れ距離:3442 mm

測定漏れ距離:717 mm

図4 EPDMがいし(相關スパーサー用)の形状と寸法



軸直径:60 mm

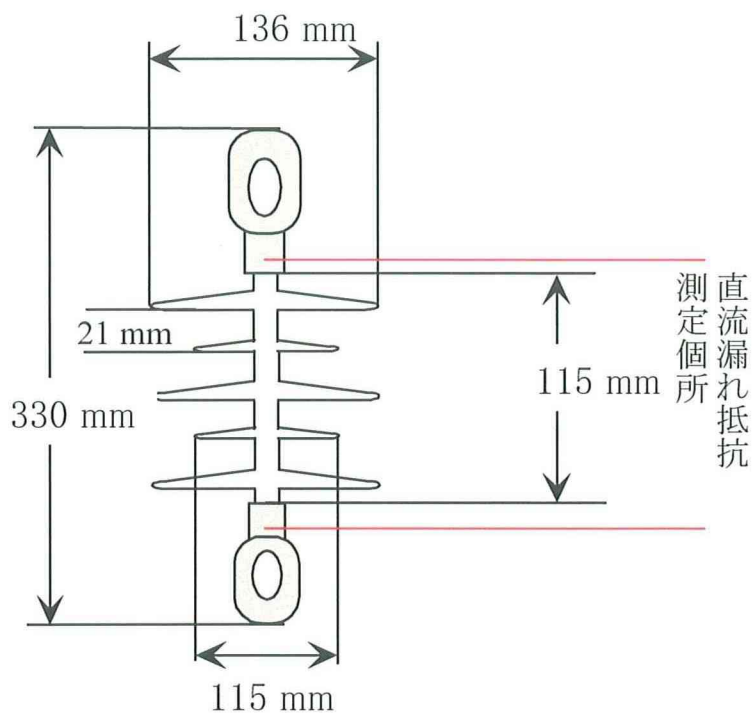
材質:磁器

笠枚数:24

全表面漏れ距離:1994 mm

測定漏れ距離:405 mm

図5 Porcelain(相關スパーサー-用磁器)がいしの形状と寸法



軸直径:53 mm

材質:エチレン酢ビコポリマー(EVA)

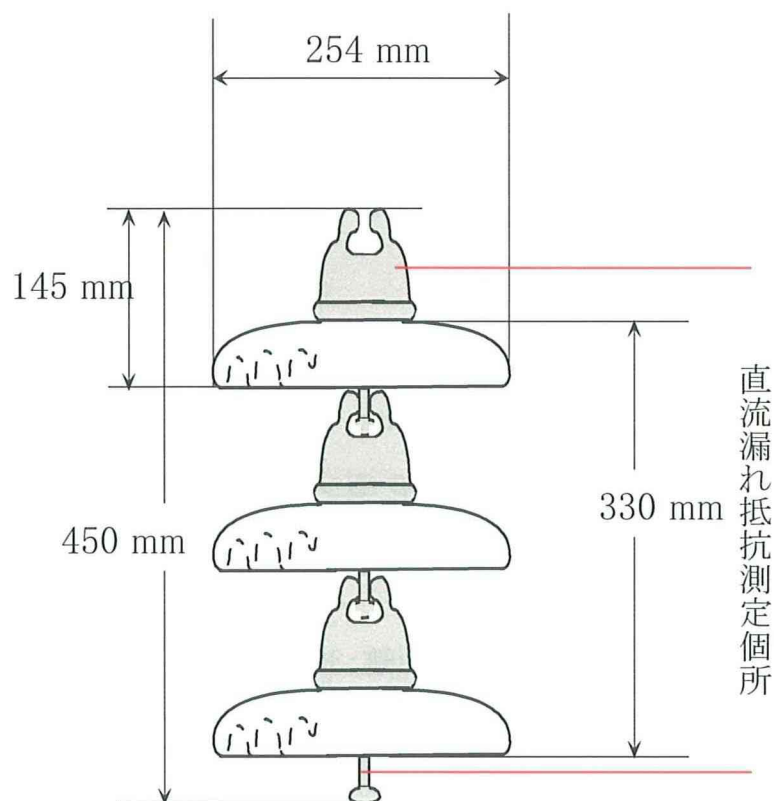
笠枚数: 大:3

小:2

全表面漏れ距離:460 mm

測定漏れ距離:460 mm

図6 EVAがいしの形状と寸法



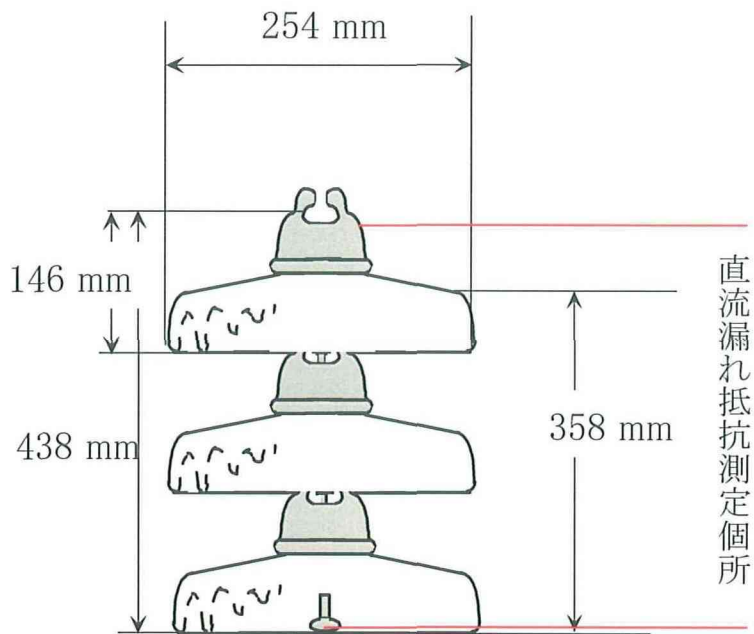
材質:磁器

がいし:3個連

全表面漏れ距離:280 mm

測定漏れ距離:840 mm

図7 標準懸垂がいし3個連の形状と寸法



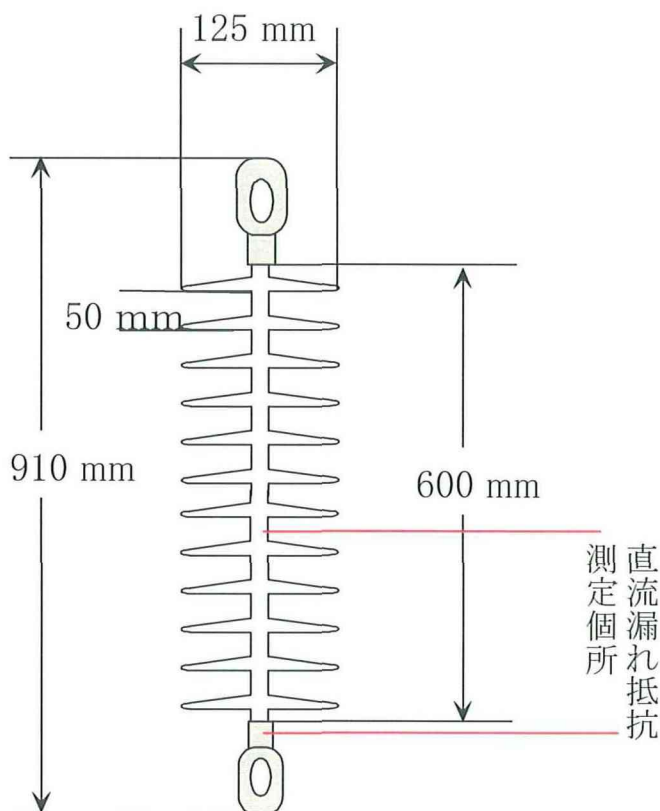
材質:磁器

がいし:3個連

全表面漏れ距離:430 mm

測定漏れ距離:1290 mm

図8 耐塩懸垂がいし3個連の形状と寸法



軸直径:25 mm

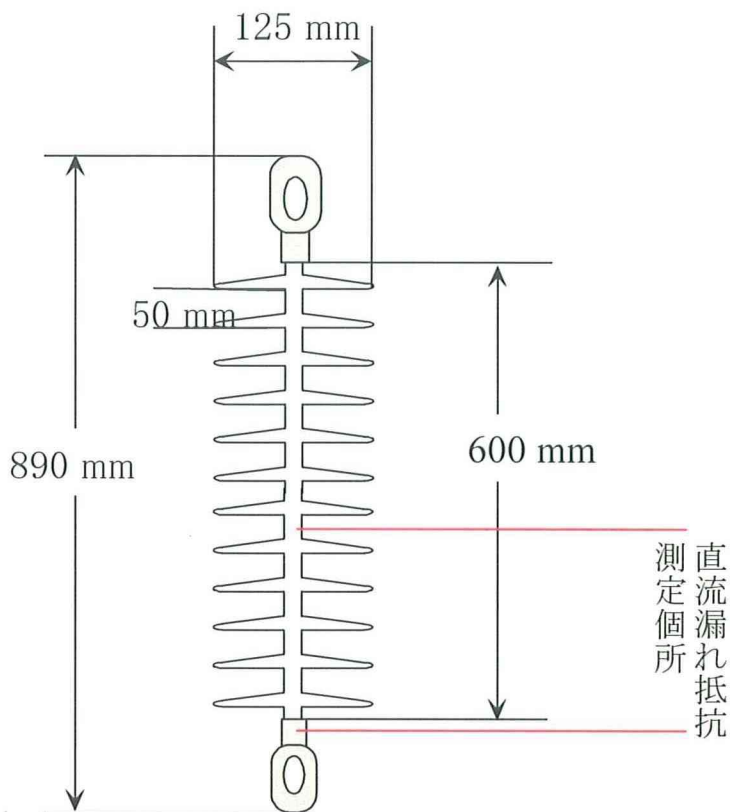
材質:室温硬化型シリコンエラストマー
(RTV)

笠枚数:12

全表面漏れ距離:3050 mm

測定漏れ距離:687 mm

図9 RTV-RSがいしの形状と寸法



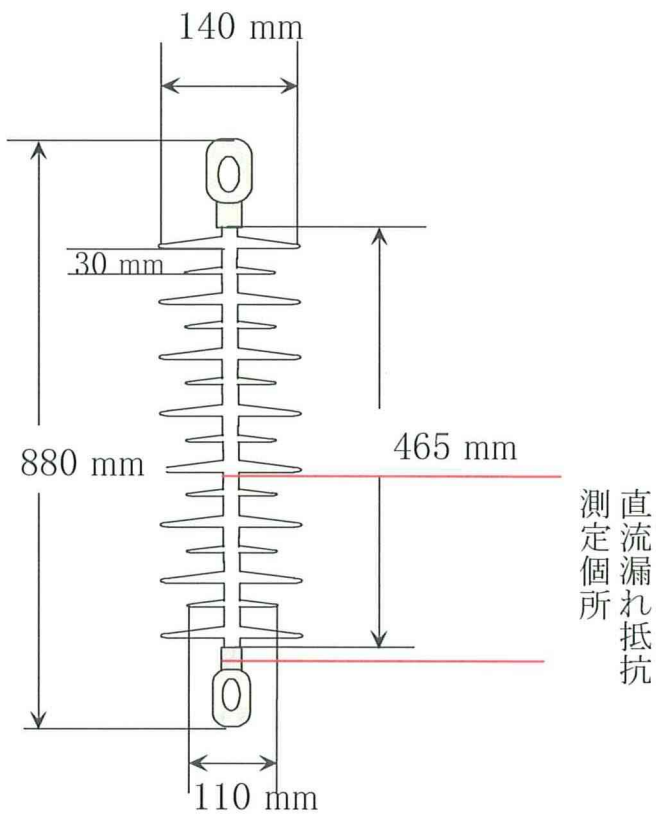
材質:熱硬化型シリコンエラストマー (HTV)

笠枚数:12

全表面漏れ距離:3050 mm

測定漏れ距離:705 mm

図10 HTV-RSがいしの形状と寸法



軸直径:34mm

材質:熱硬化型シリコンエラストマー (HTV)

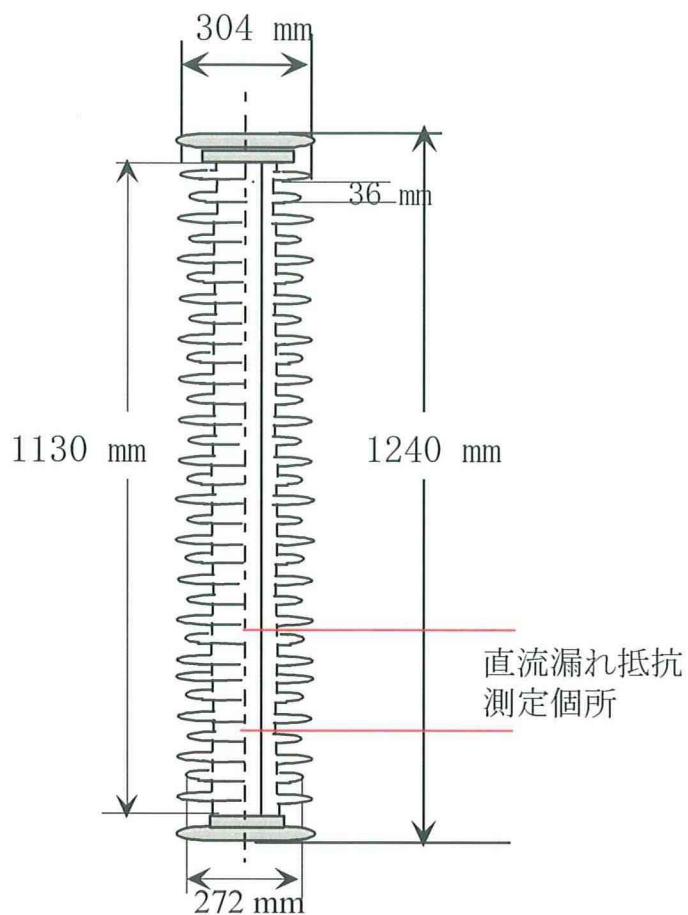
笠枚数:大:8

小:7

全表面漏れ距離:1808mm

測定漏れ距離:705mm

図11 HTV-ASの形状と寸法



軸直径:218 mm

材質:シリコーンゴム(SiR)

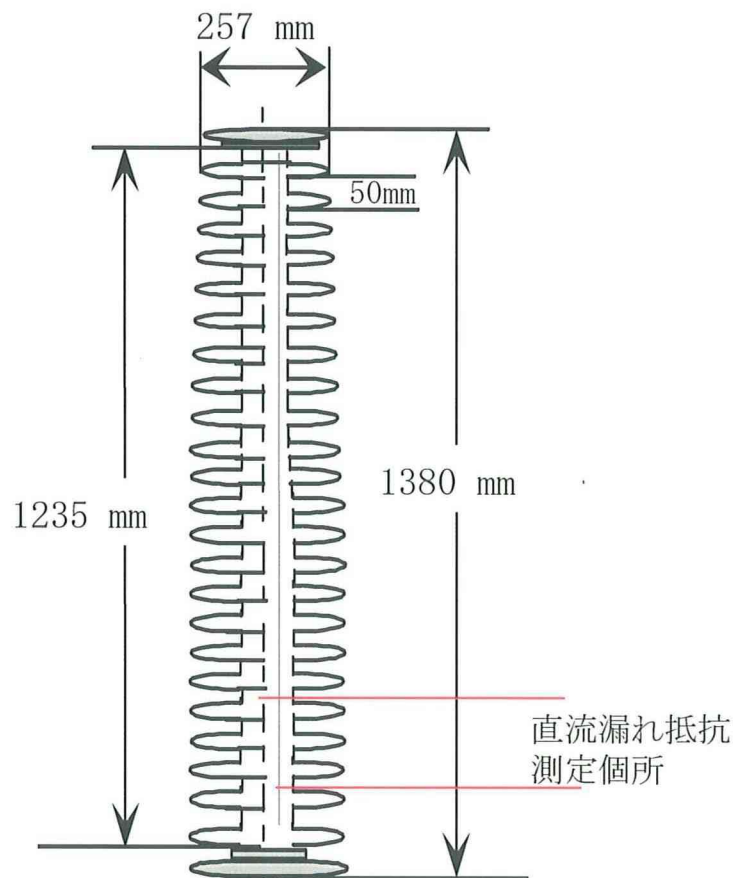
笠枚数:大:17

小:16

全表面漏れ距離:5716 mm

測定漏れ距離:475 mm

図12 HI-ASがい管の形状と寸法



軸直径:158 mm

材質:シリコーンゴム(SiR)

笠枚数:23

全表面漏れ距離:5936 mm

測定漏れ距離:415 mm

図13 HI-RSがい管の形状と寸法

2-4. 直流漏れ抵抗測定

図14は、曝露試験場の直流漏れ抵抗測定簡略図である。曝露試験用がいし（図3～図13）に測定用電圧DC+100 Vを印加して、検出用抵抗1 k Ω にかかる電圧をDMM（Digital Multi Meter）で測定し、直流漏れ抵抗を算出した。その時の気象データは、現地に設置してある風向、風速、湿度、温度センサーで測定した。また、曝露試験場近くの古丹別と羽幌のアメダスデータも利用した。更に、1日3回の静止画から天候とがいしへの着雪状態を知った。ここでの解析データは平成13年のものを使用した。

直流漏れ抵抗測定時の曝露試験用供試がいしは、3月と5月には、図3から図13までのそれぞれシリコンゴム（SiR）がいし、EPDMがいし、Porcelainがいし、EVAがいし、HTV-RS（同径笠）がいし、HTV-AS（段違笠）がいし、RTV-RS（同径笠）がいし、耐塩懸垂磁器がいし3個連、標準懸垂磁器がいし3個連を使用した。また、11月と12月には、図12と図13に示すHI-AS（段違笠がい管）がい管、HI-RS（同径笠がい管）がい管を測定した。これら図中に示すがい管は、夏場に設置したため、少なくとも3ヶ月間の曝露期間を経た後でないといし表面の汚損が飽和し安定しないため、11月以降をデータとした。

データは、平成13年3月1日から3月19日までを3月データとし、5月17日から6月6日までを5月データ、11月7日から11月30日までを11月データ、12月1日から12月31日までを12月データとして解析した。そのとき、曝露試験用供試がいしの表面漏れ距離はがいし形状によって異なるので、直流漏れ抵抗を測定漏れ距離で割り、単位長さ当たりの直流漏れ抵抗で相互の比較を行なった。今後、シリコンゴムがいしをSiRがいし、耐塩懸垂磁器3個連がいしを耐塩がいし、標準懸垂がいし3個連を標準がいしとする。

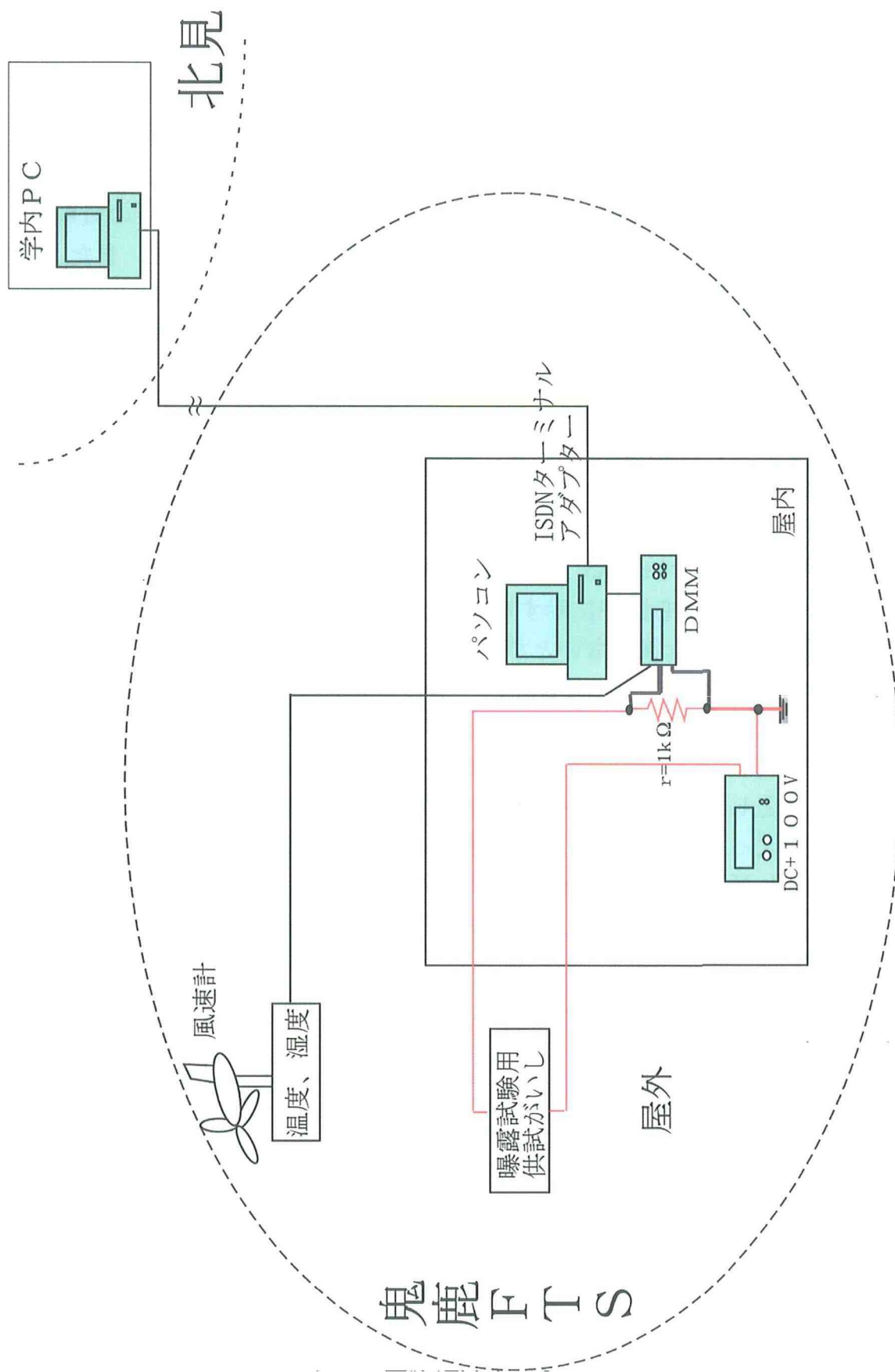


図14 直流漏れ抵抗測定簡略図

2－5 直流漏れ抵抗測定結果

2－5－1 3月測定時の気象環境

図15は、風向に対する風速を示し、右半分を東風とし左半分を海からの西風とした。図16は、風速を東風と西風を分け、風速の割合を示す。図15と図16から、3月は、西風が東風に比べて強い風が多いことがわかる。図17は、風向を16等分した各風向での昼夜の割合を調べるために朝9時から18時と、18時から9時までに分けて示した。図18は、1日の各時刻に対する風向を示した。図17と図18から、夜間は東風が多いことがわかった。これは、夜間には放射冷却で陸地の方が低温になり、陸から海へ向かう陸風⁽⁷⁾が吹いたためだと考えられる。図19は、3月の風向に対する湿度を示した。図19から、湿度が低い時には東風が多く吹くことわかる。これは西風が吹くと、海から湿った空気を運んでくるので低湿度になりにくいいためだと考えられる。図20は、3月の1ヶ月間の相対湿度の割合を示した。3月は降雪があり、大地が雪で覆われていた。

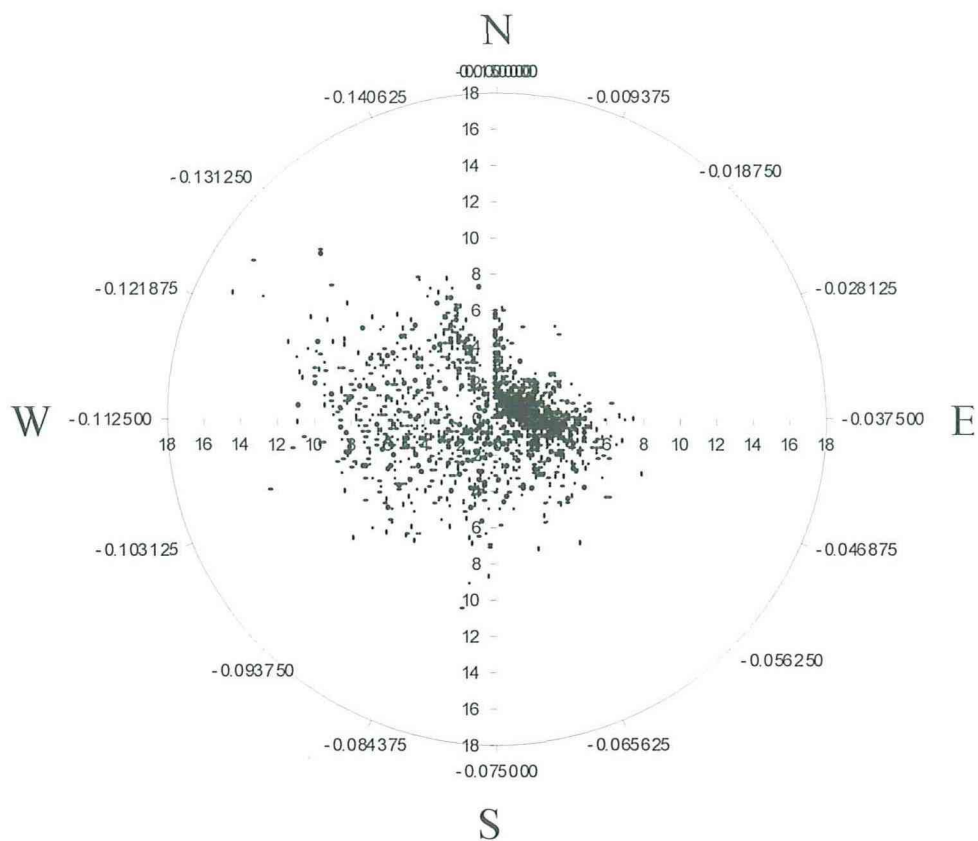


図15 3月の風速vs風向

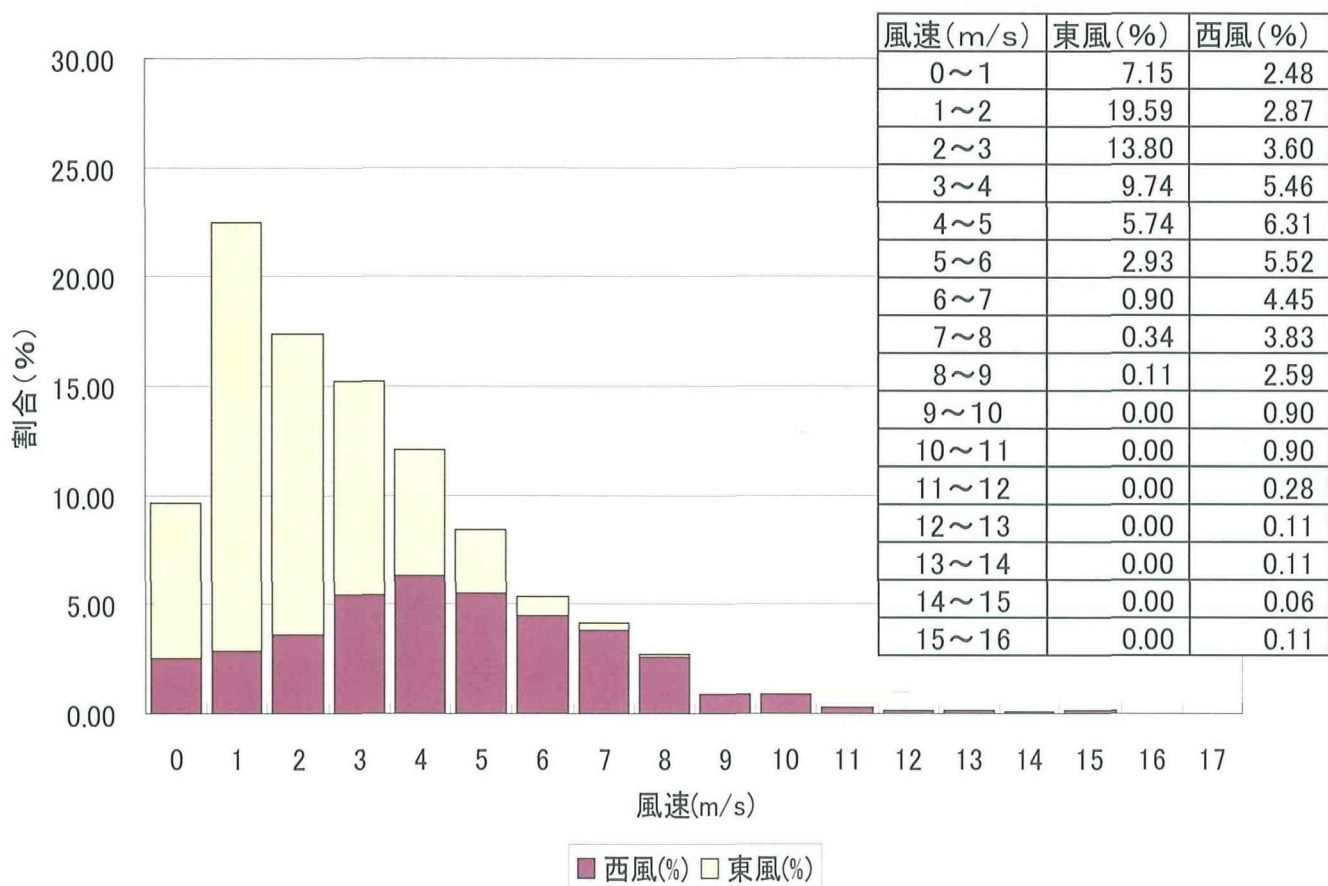


図16 3月の風速割合

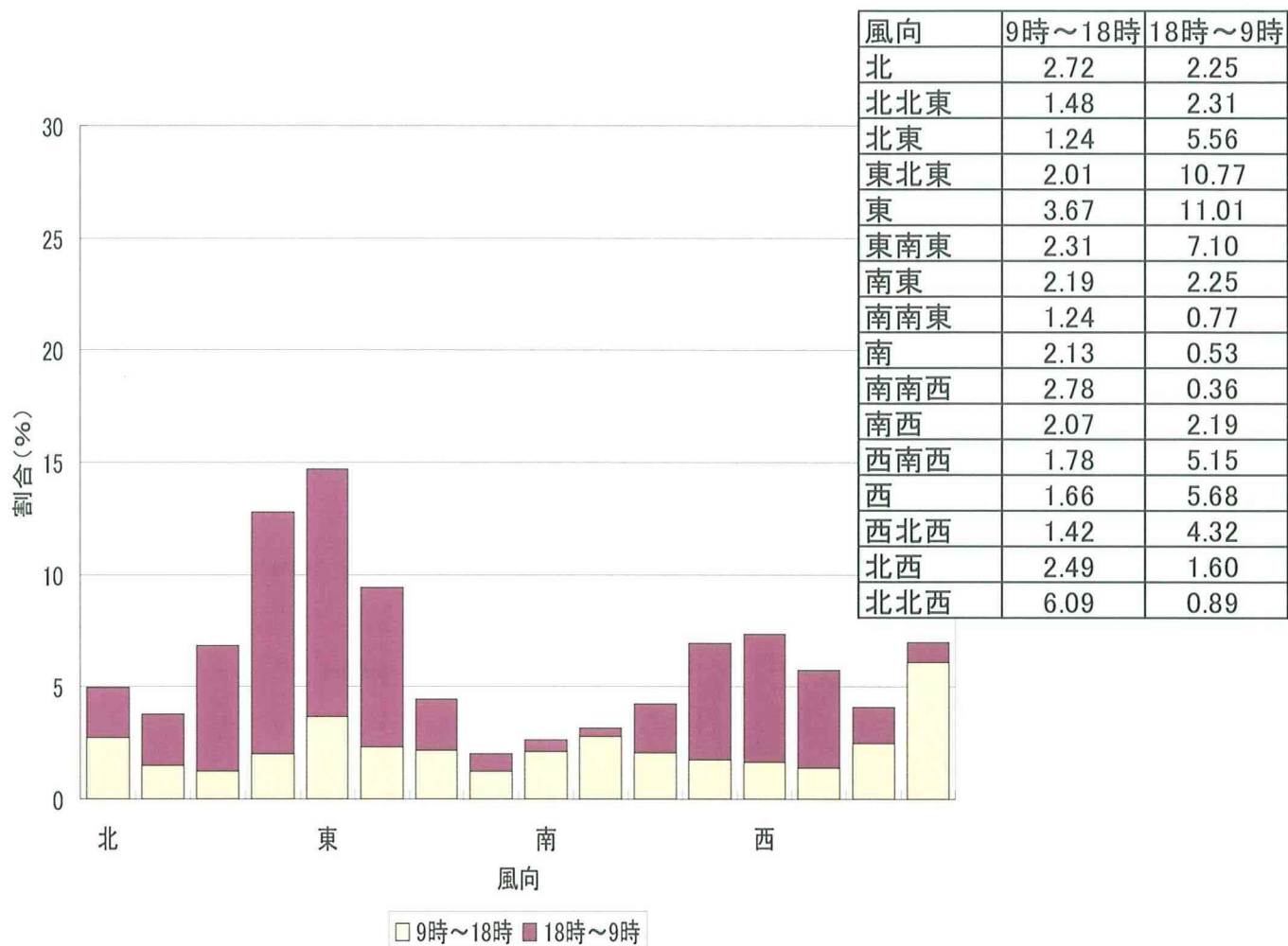


図17 3月の風向割合

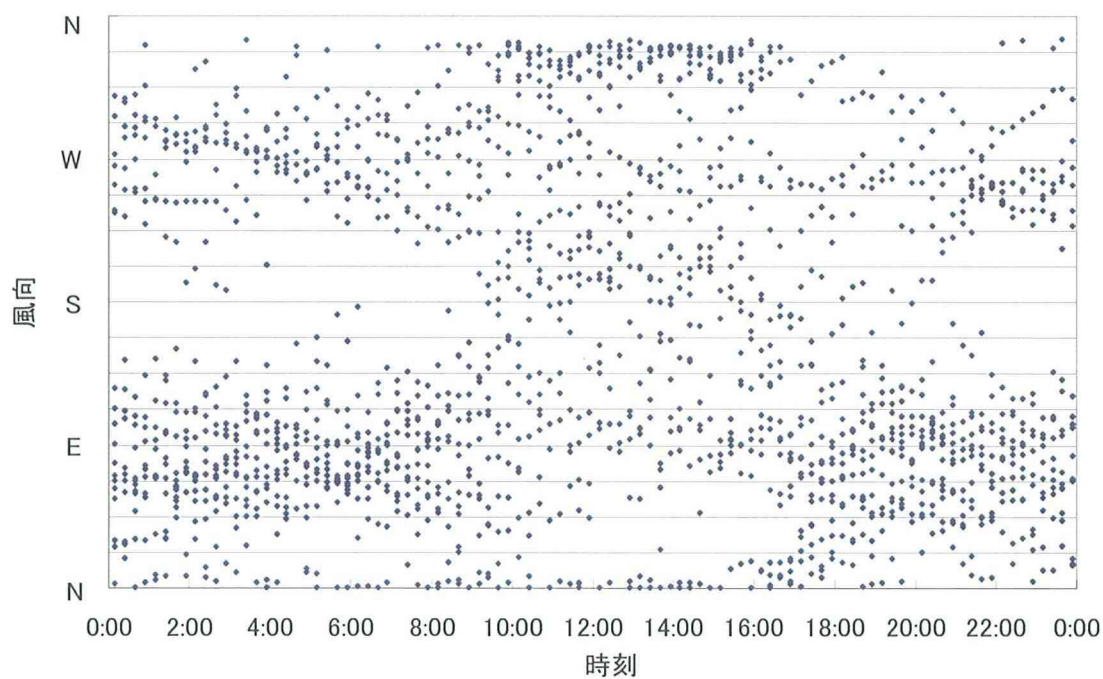


図18 3月の風向と時刻

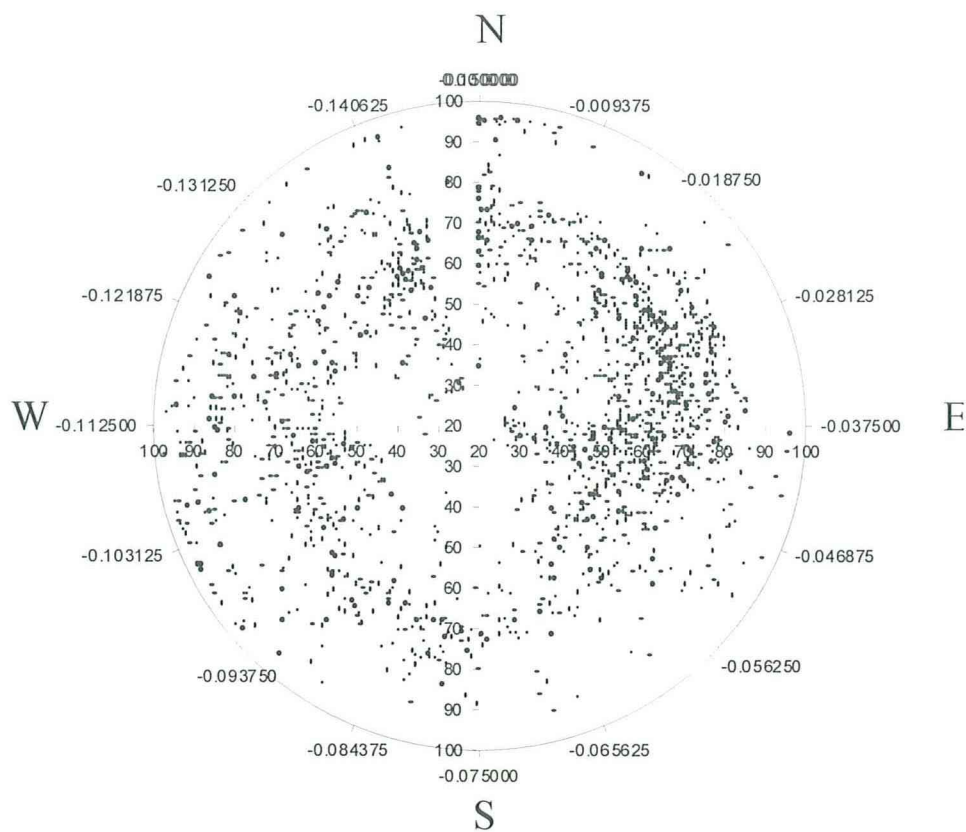


図19 3月の湿度vs風向

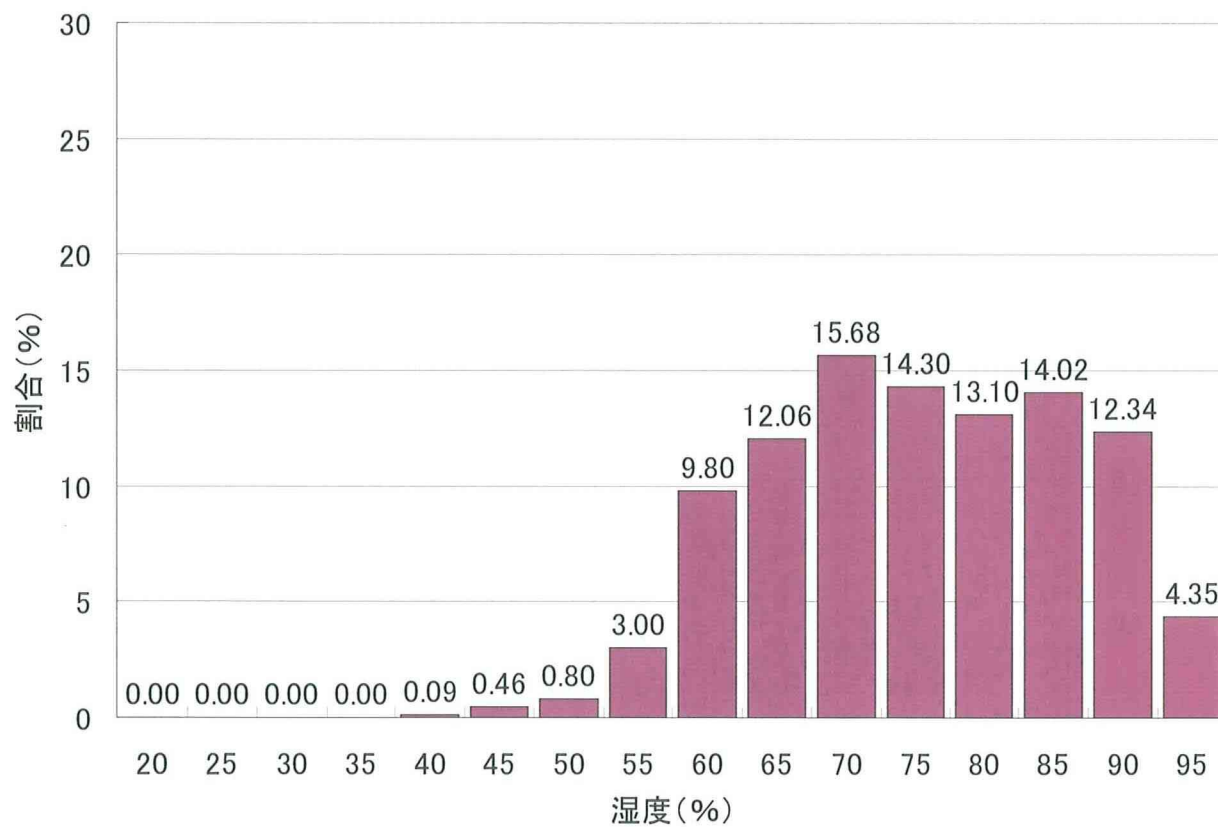


図20 3月1ヶ月間の相対湿度の割合

2-5-2 気象と直流漏れ抵抗（3月）

（1）風向と単位長さ当たりの直流漏れ抵抗の関係

図21から図29に各がいしの風向に対する単位長さ当たりの直流漏れ抵抗（以降、漏れ抵抗）を示す。これらから、東風より西風が吹いた時の方が、漏れ抵抗は低いことが判る。これは、東風が吹いた時に比べ西風が吹いた時の相対湿度が高く、海からの西風でがいしが汚損されたことが原因だと考えられる。表1には、各がいしの3月中の漏れ抵抗の最低値と、その時の風向を示した。表1より、すべてのがいしで西風が吹く時に、漏れ抵抗が最低値を示すことがわかる。また、すべてのがいしの中で、EVAがいしをもっとも低い漏れ抵抗値を示した。これは、EVAがいしの笠上面に雪が積もり、笠間を橋絡し漏れ抵抗が低下したと考えられる。材質の違いで、風向と漏れ抵抗の関係に大きな違いは見られなかった。

表1. 各がいしの漏れ抵抗の最低値と風向（3月）

	単位長さ当たりの漏れ抵抗の 最低値（ Ω/cm ）	風向(V)	16方位
SiRがいし	2.11E+04	0.116470	西
EPDMがいし	4.36E+04	0.105015	西南西
Porcelainがいし	4.60E+04	0.090598	南西
EVAがいし	9.08E+03	0.099520	西南西
HTV-ASがいし	1.16E+05	0.105706	西南西
RTV-RSがいし	4.63E+05	0.093712	南西
HTV-RSがいし	7.84E+04	0.120184	西北西
耐塩がいし	5.53E+04	0.093712	南西

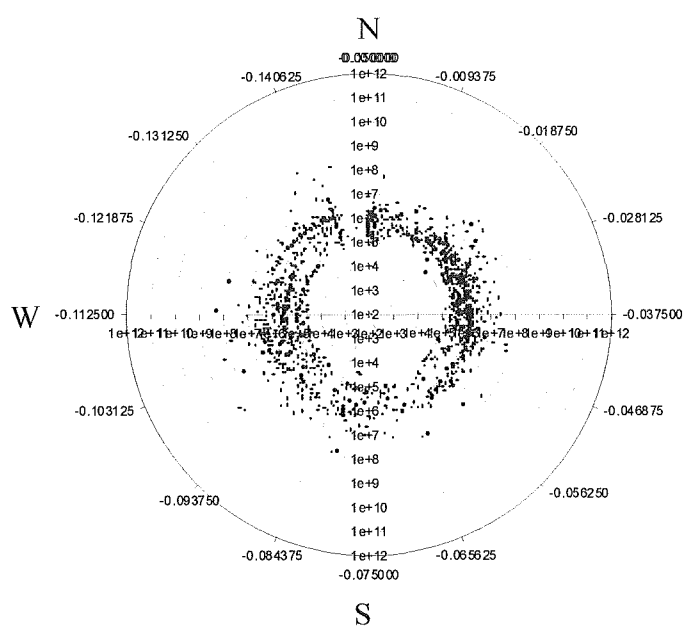


図21 標準がいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

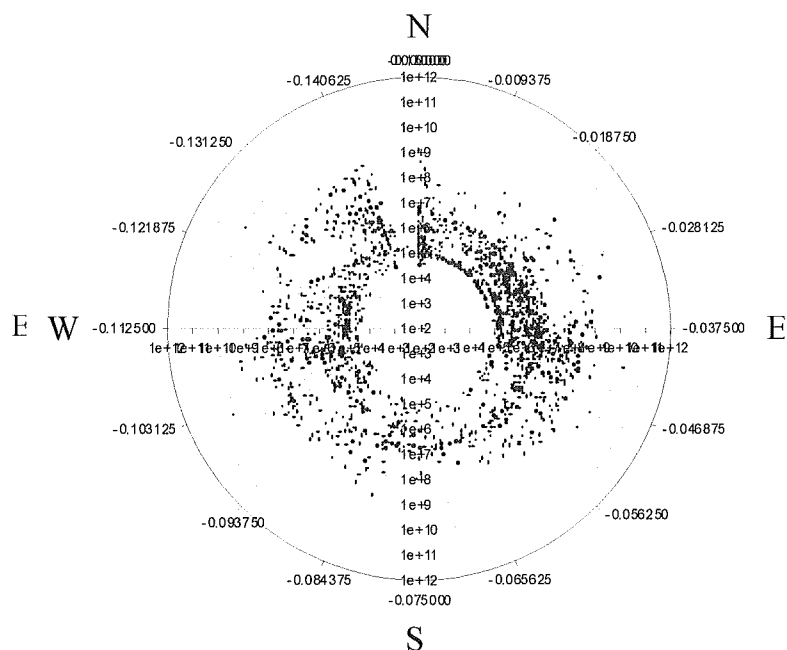


図22 SiRがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

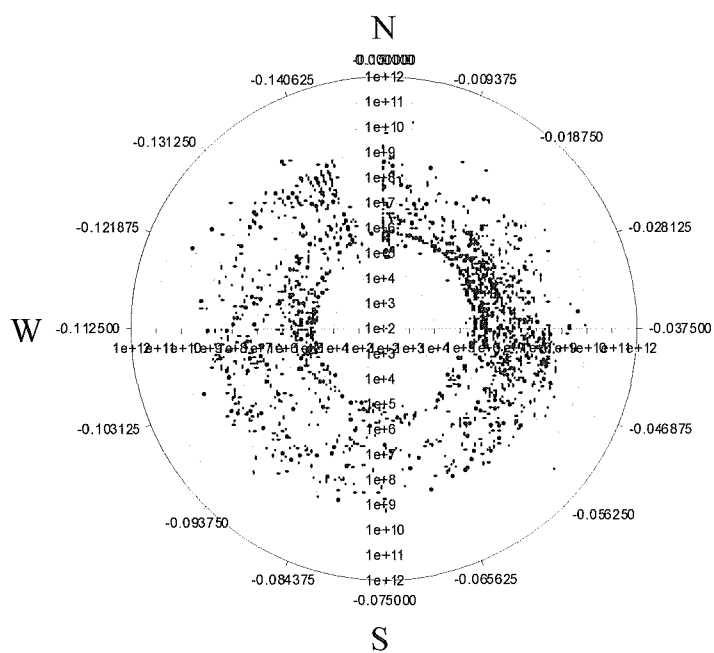


図23 EPDMがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

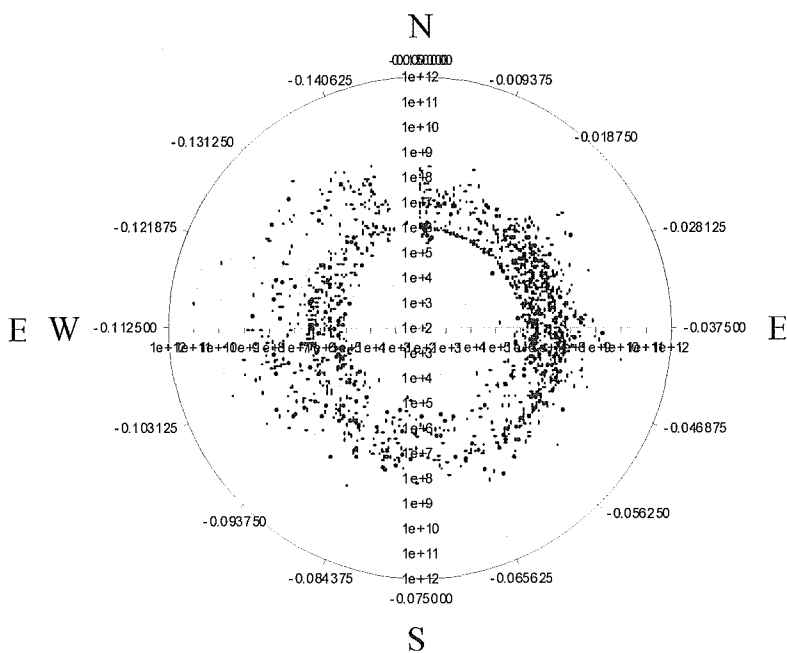


図24 Porcelainがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

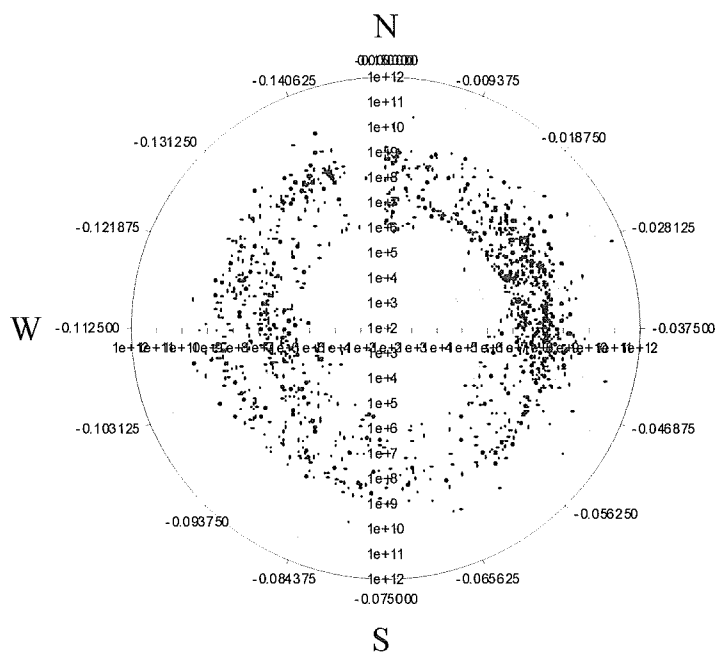


図25 EVAがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

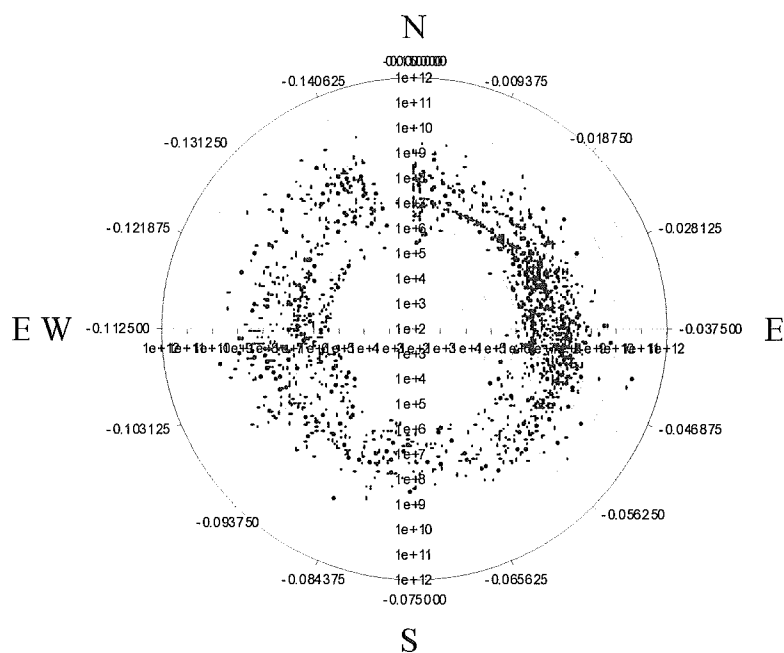


図26 HTV-ASがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

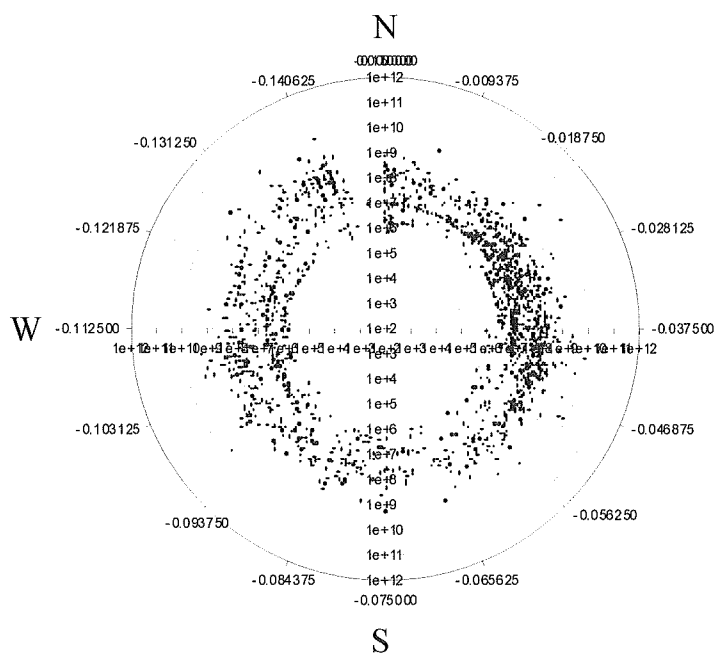


図27 RTV-RSがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

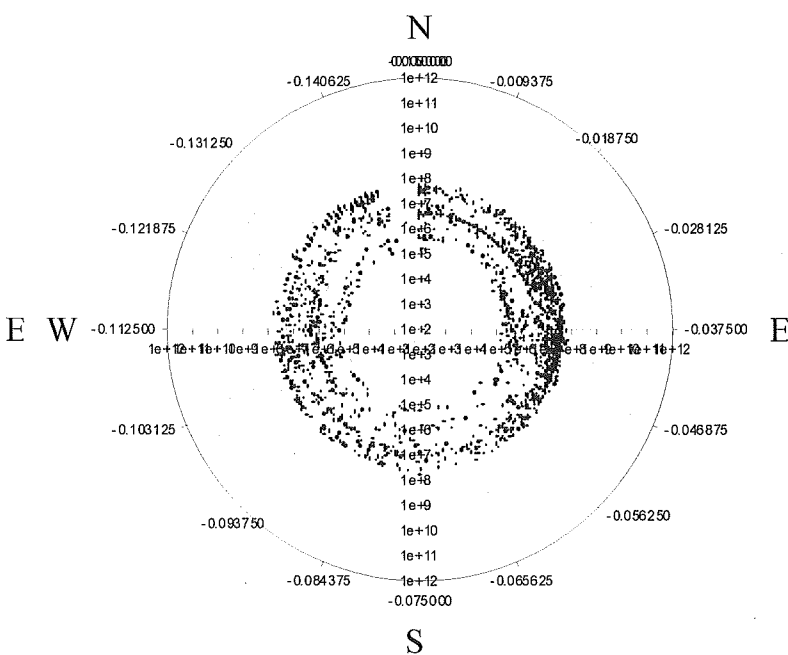


図28 HTV-RSがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

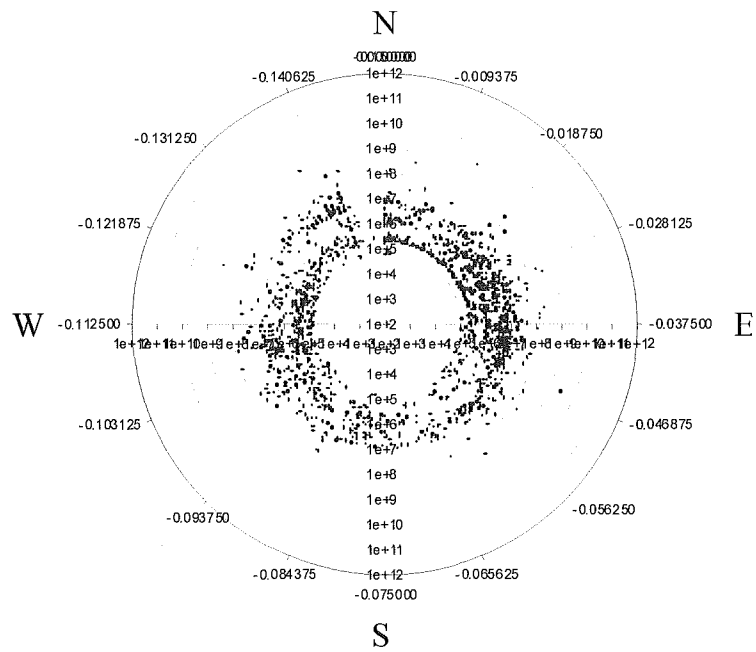


図29 耐塩がよいの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(3月)

(2) 相対湿度と単位長さ当たりの直流漏れ抵抗の関係

図30から図38に各がいしの相対湿度（以降、湿度）と漏れ抵抗の関係を示した。図30より、SiRがいしの漏れ抵抗と湿度の関係は、湿度33%付近から湿度75%まで、湿度が上がると直線的に低下し、湿度75%以上で漏れ抵抗はほぼ同じ低い値になった。潮解性を有する塩化マグネシウム、塩化カルシウムや溶解度の大きな塩は、塩分の飛来過程やがいし表面上での塩分累積過程における雨洗効果などにより脱落することが推測されるが⁽⁸⁾、SiRがいしは表面にしみだした低分子オイルに汚損物が取り込まれ⁽⁹⁾、このオイル中に塩化マグネシウムが含まれていたことが考えられる。塩化マグネシウムは、潮解が湿度33%⁽³⁾から始まるため、漏れ抵抗が湿度33%付近から低下すると考えられる。EPDMがいし(図31)、Porcelainがいし(図32)、EVAがいし(図33)、HTV-ASがいし(図34)、RTV-RSがいし(図35)、HTV-RSがいし(図36)、耐塩がいし(図37)、標準がいし(図38)の漏れ抵抗と湿度の関係は、湿度75%付近で漏れ抵抗がほぼ同じ低い値になっていた。これは塩化ナトリウムの潮解が湿度75%^(3, 4)から始まるためだと考えられる。

耐塩がいしと標準がいしでは、低湿度の時の漏れ抵抗は他のがいしに比べて低いが、高湿度の時には他のがいしと同じレベルになった。これは高湿度の時、耐塩がいしと標準がいしは笠下面にリブがあるので、雪がリブで止まり笠下面の内部まで入らないため、笠下面全体が濡れることがなかったと考えられる。従って、標準がいしと耐塩がいしは、他のがいしより下面の絶縁性が良く漏れ抵抗が大きく低下しなかったと考えられる。Porcelainがいしは、汚損されて湿潤すると絶縁性能は低下するが雨洗効果が大きく、絶縁性能が回復したため漏れ抵抗変化が大きかった。SiRがいし、EPDMがいしは湿度変化に対する漏れ抵抗変化が大きく、HTV-ASがいし、HTV-RSがいし、RTV-RSがいしの湿度変化に対する漏れ抵抗変化が小さかった。同じ材質のHTVがいしで、段違笠の方が同径笠より低湿度で漏れ抵抗が高いが、高湿度では同径と同じレベルまで漏れ抵抗が低下した。EVAがいしは、雪によって笠間が橋絡し漏れ抵抗が大きく低下したことが考えられ、漏れ抵抗変化が特に大きかった。すべてのがいしで、笠表面を濡らす雪が笠に付着したり、雪が解ける時に漏れ抵抗は低下した。

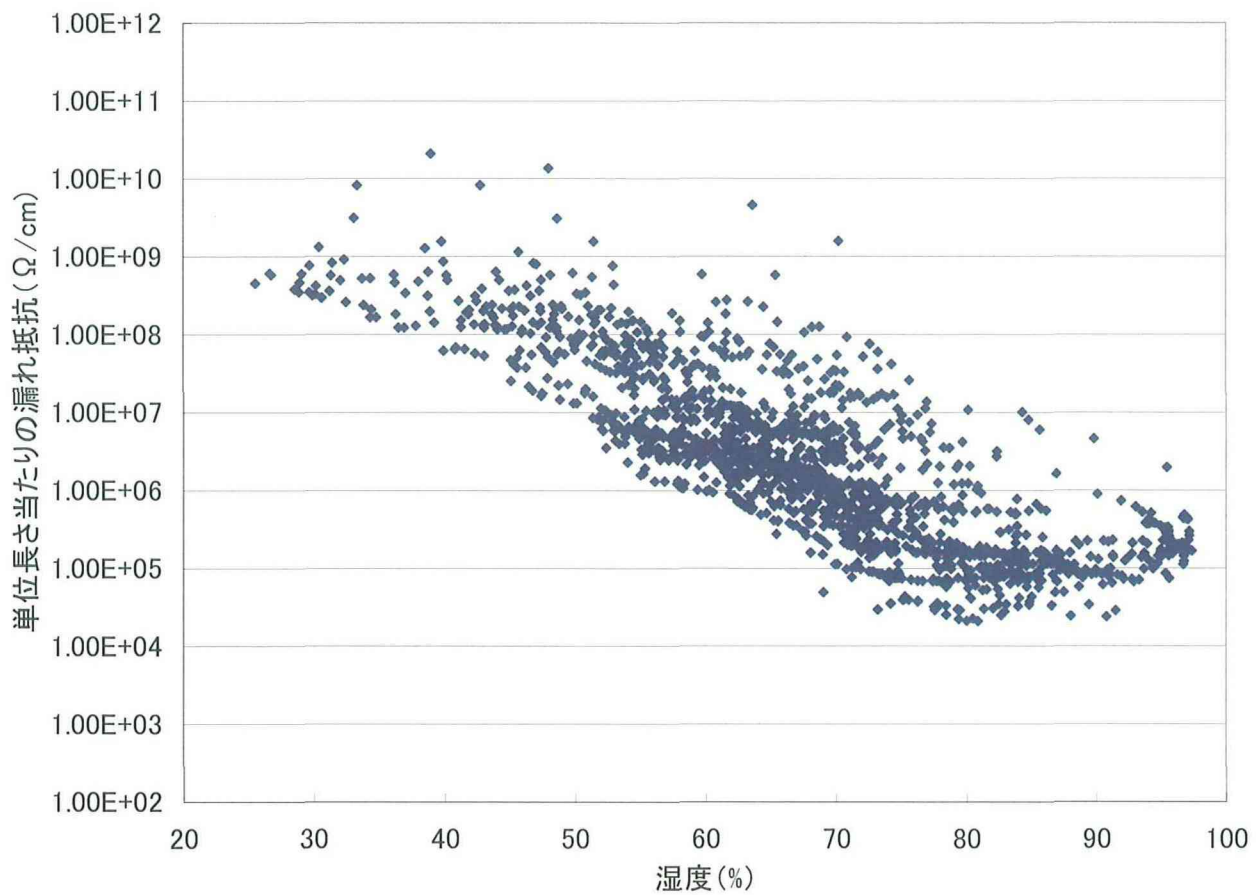


図30 SiRがいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

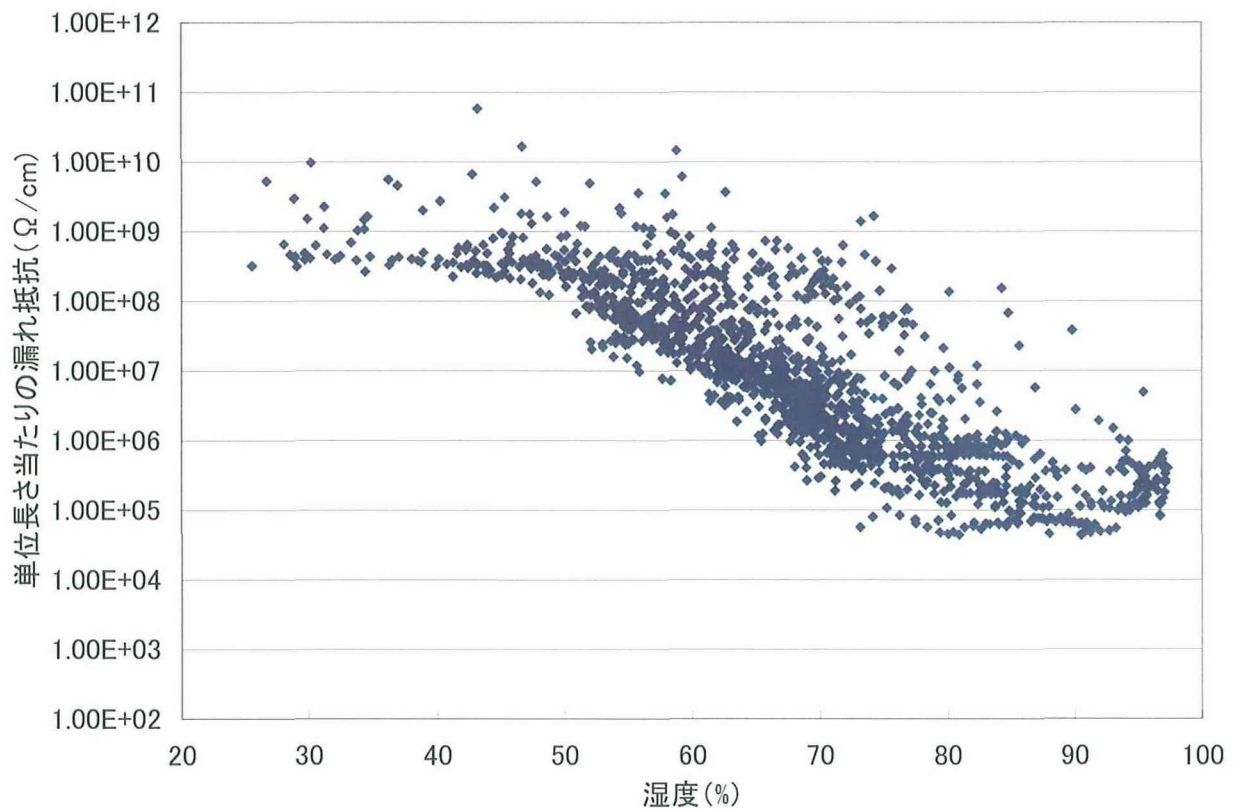


図31 EPDMがいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

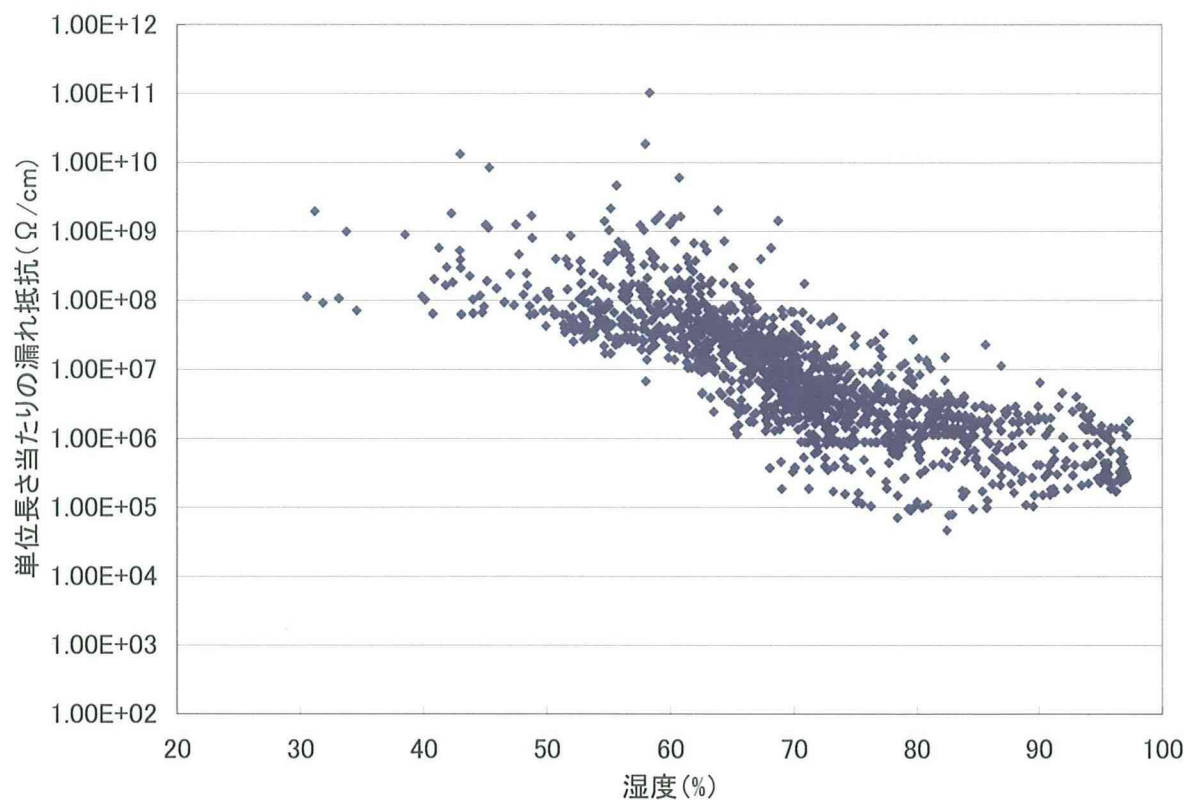


図32 Porcelainがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

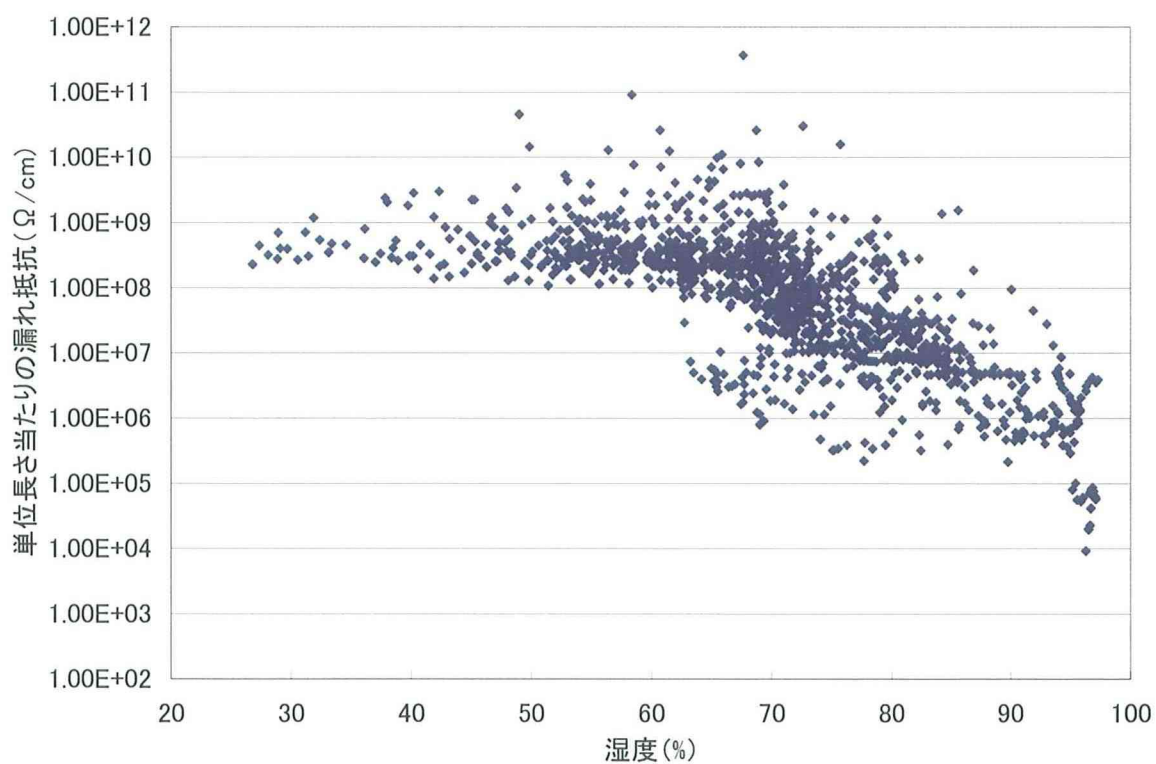


図33 EVAがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

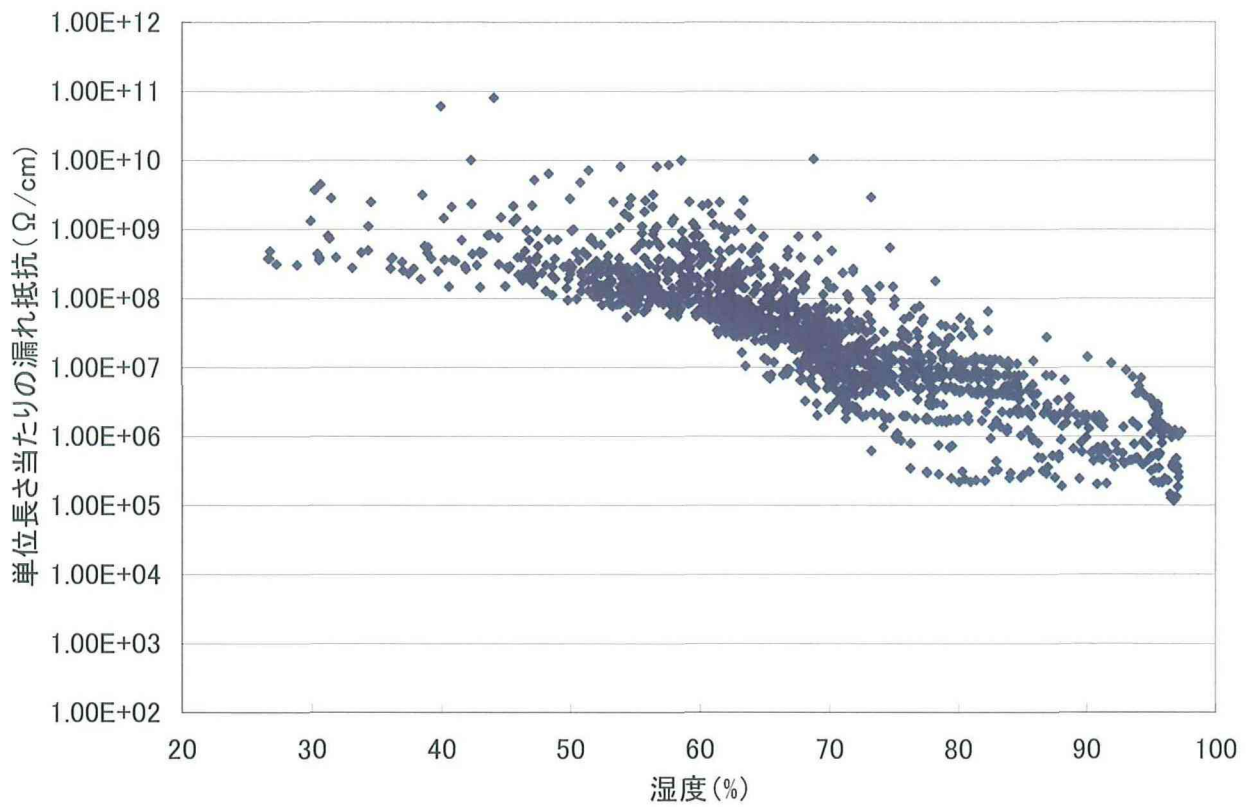


図34 HTV-ASがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

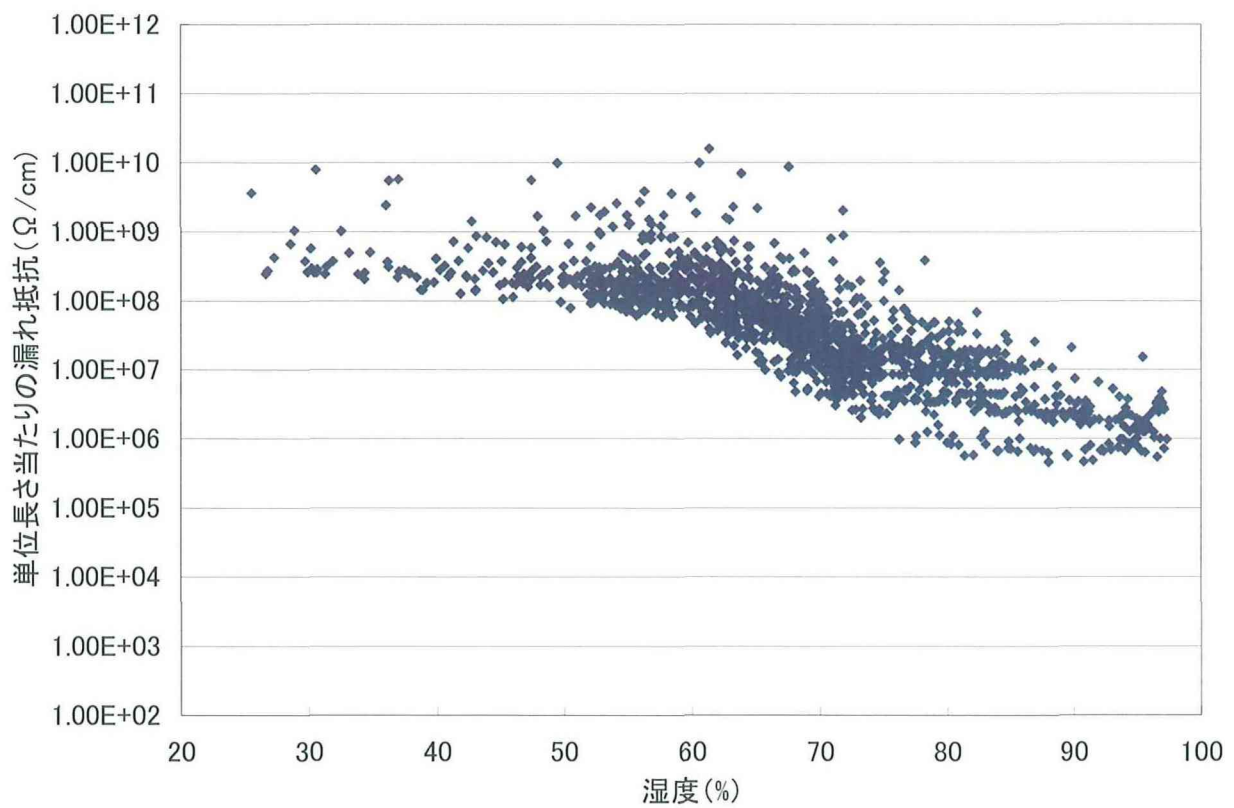


図35 RTV-RSがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

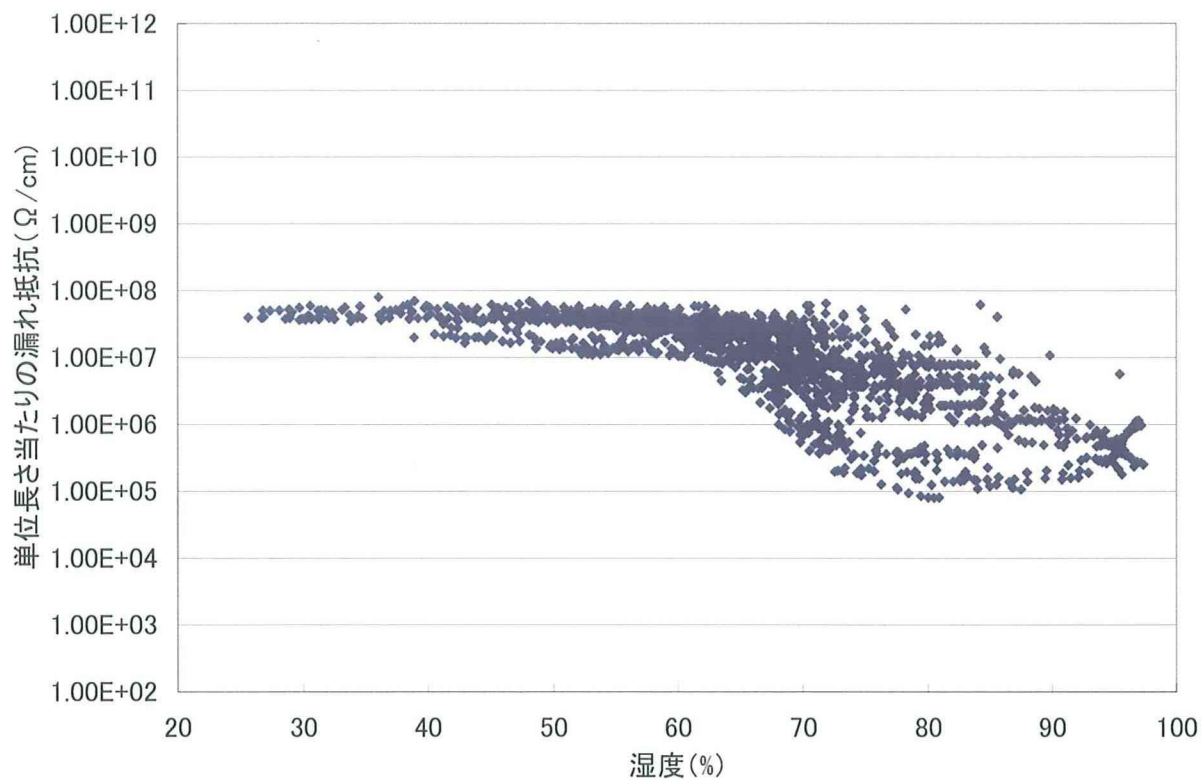


図36 HTV-RSがいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

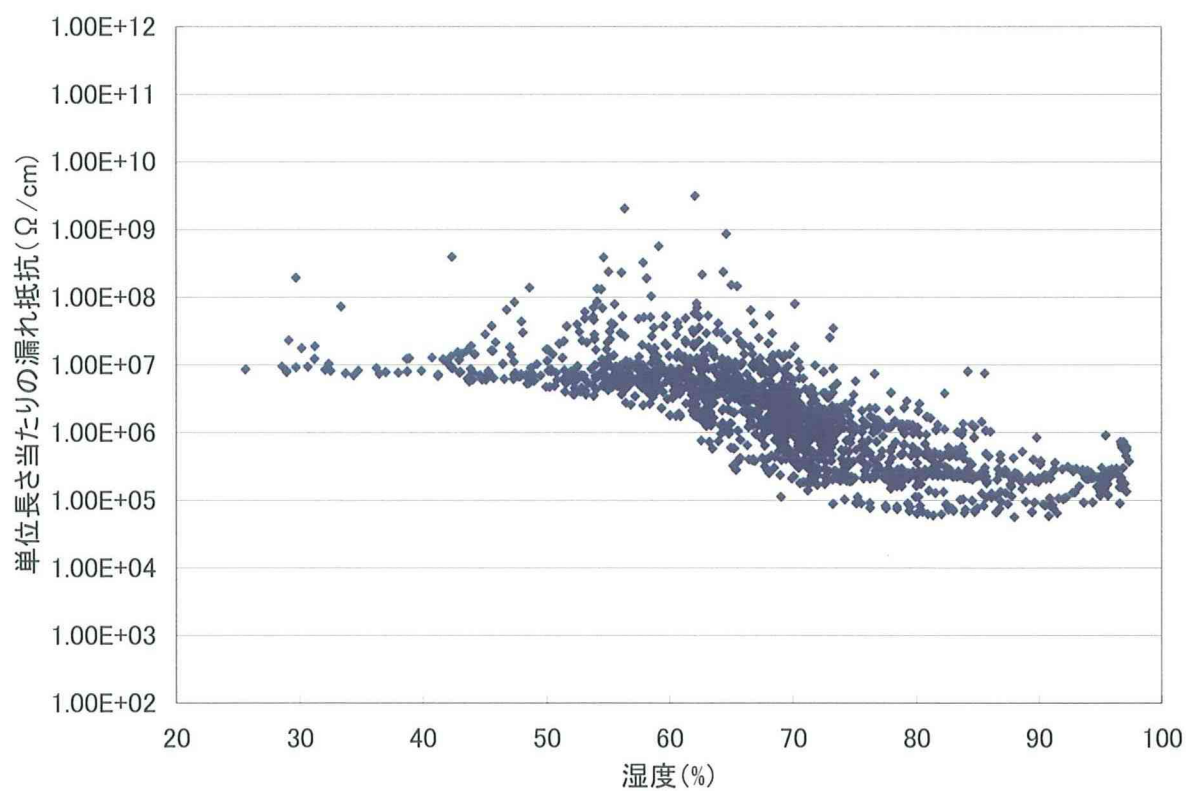


図37 耐塩がいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

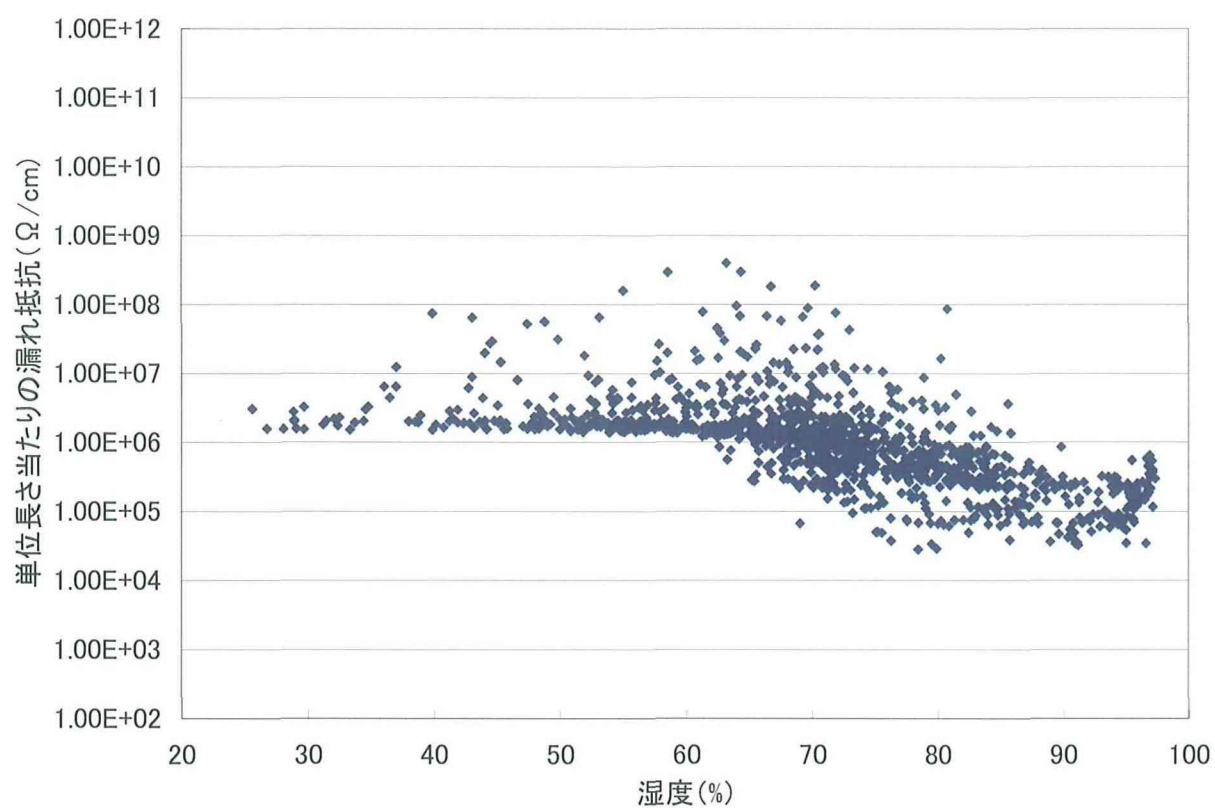
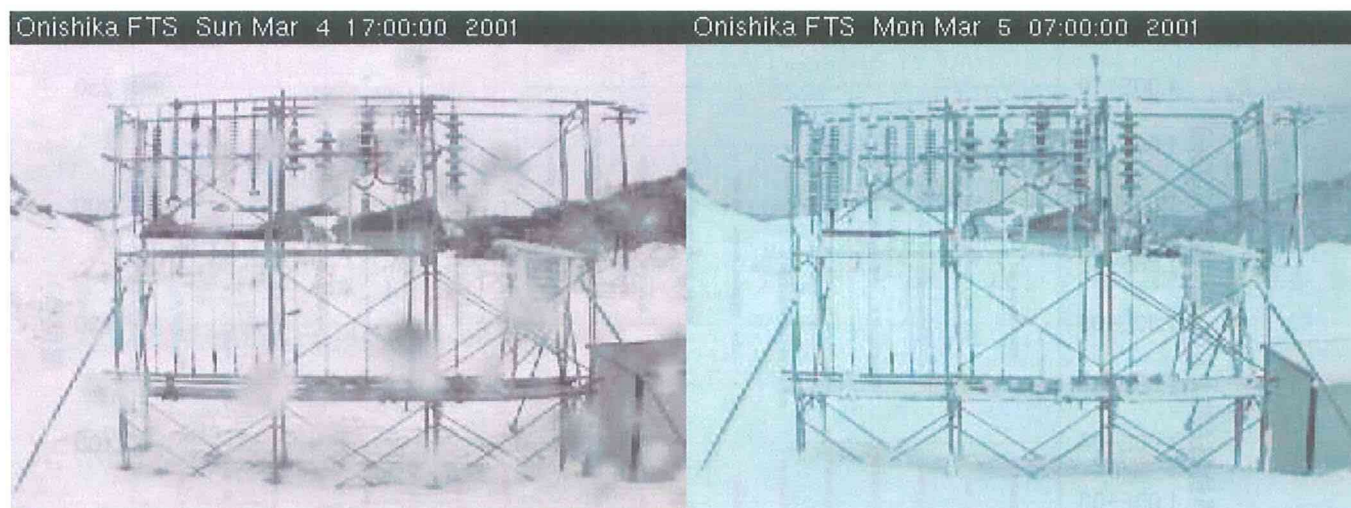


図38 標準がいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(3月)

(3) 1日の直流漏れ抵抗変化量と湿度変化

図39から図47に各がいしの1日の湿度変化と単位長さ当たりの漏れ抵抗変化を示した。EVAがいしとHTV-ASがいしは、3月4日に漏れ抵抗値が最低値を示した。これは、観測カメラの写真1から、3月4日に雪が降ったことが確認できる。また、アメダスデータより3月4日は降水量が多いので、雪が笠間隔の短いEVAがいしとHTV-ASがいしの笠間を橋絡し、漏れ抵抗が低下したことが考えられる。SiRがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、耐塩がいしは、降雪のあった3月6日に漏れ抵抗値が最低値を示した。Porcelainがいしと標準がいしは3月17日に最低値を示した。これは、前日までに降った雪が気温の上昇で解けて漏れ抵抗が低くなったと考えられる。更に、3月6日、3月17日は風が強いため漏れ抵抗を低下させたと考えられる。EPDMがいしは降雪があった3月18日に最低値を示したと考えられる。

以上のように3月は、降雪時や雪が解ける時に漏れ抵抗が最低値を示した。また、3月は1日の湿度変化が大きく、漏れ抵抗も大きく変化した。



(A)3月4日17時

(B)3月5日7時

写真1 降雪状態写真(3月)

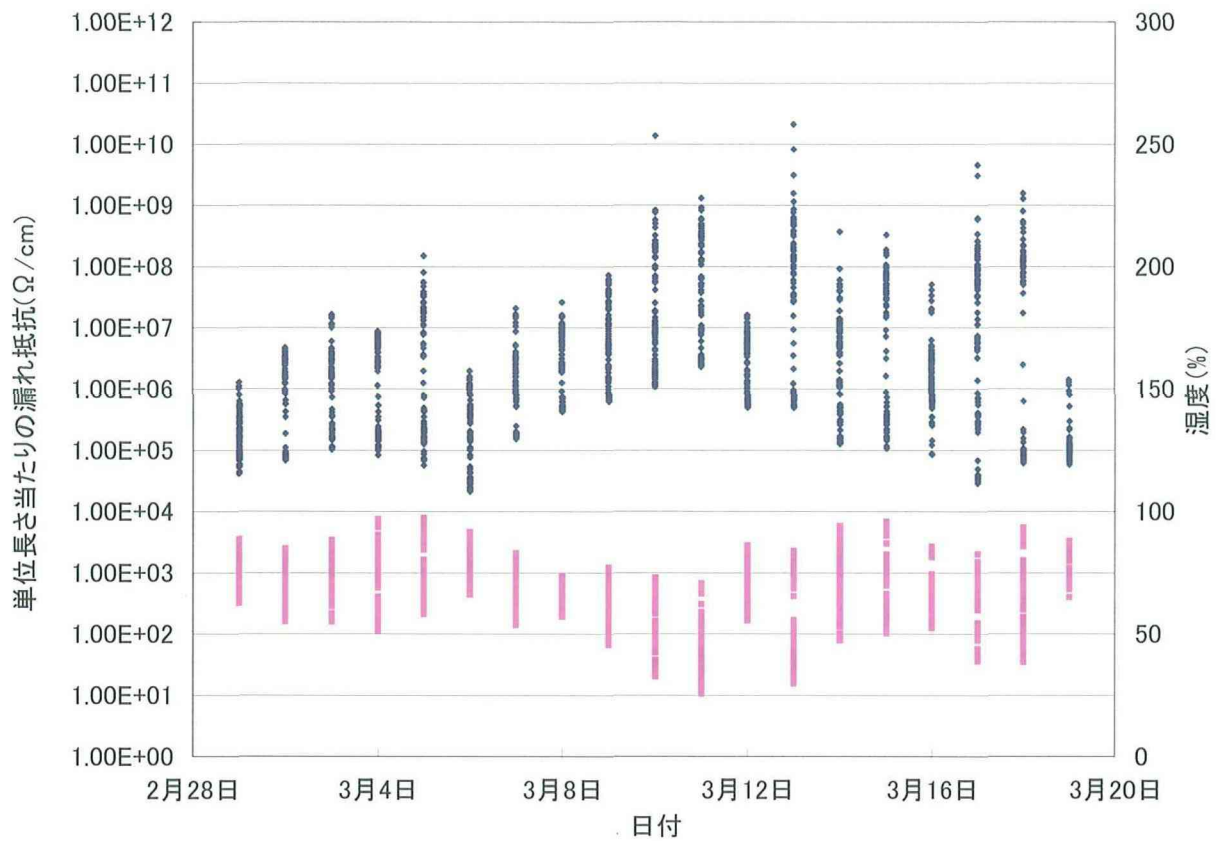


図39 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(SiRがよい)

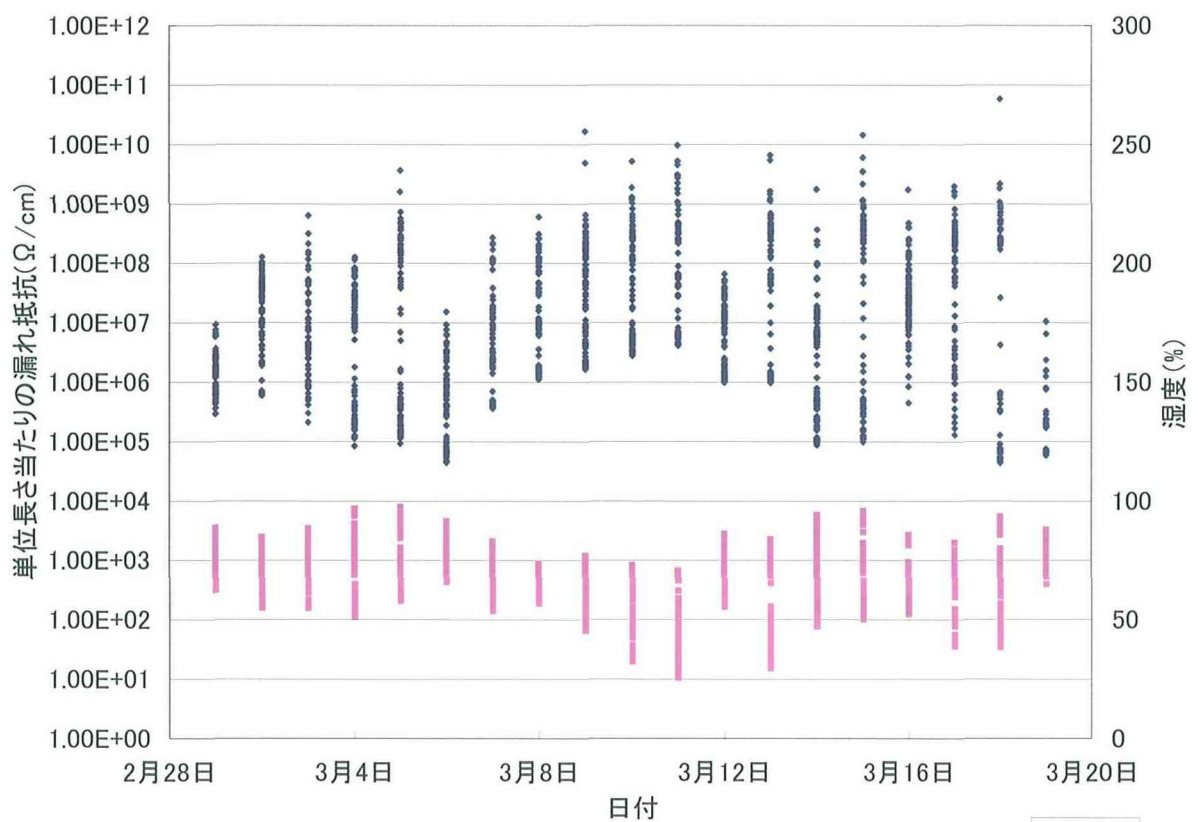
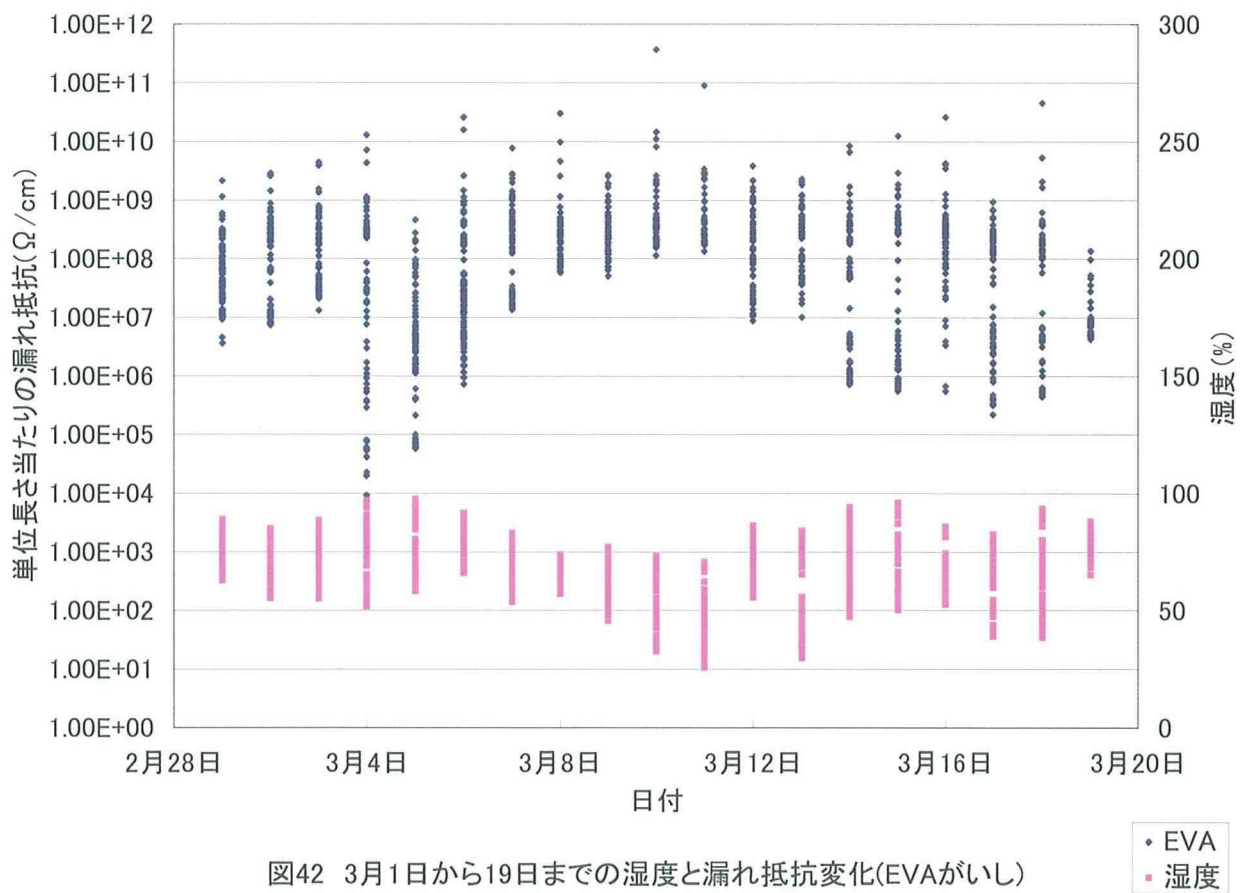
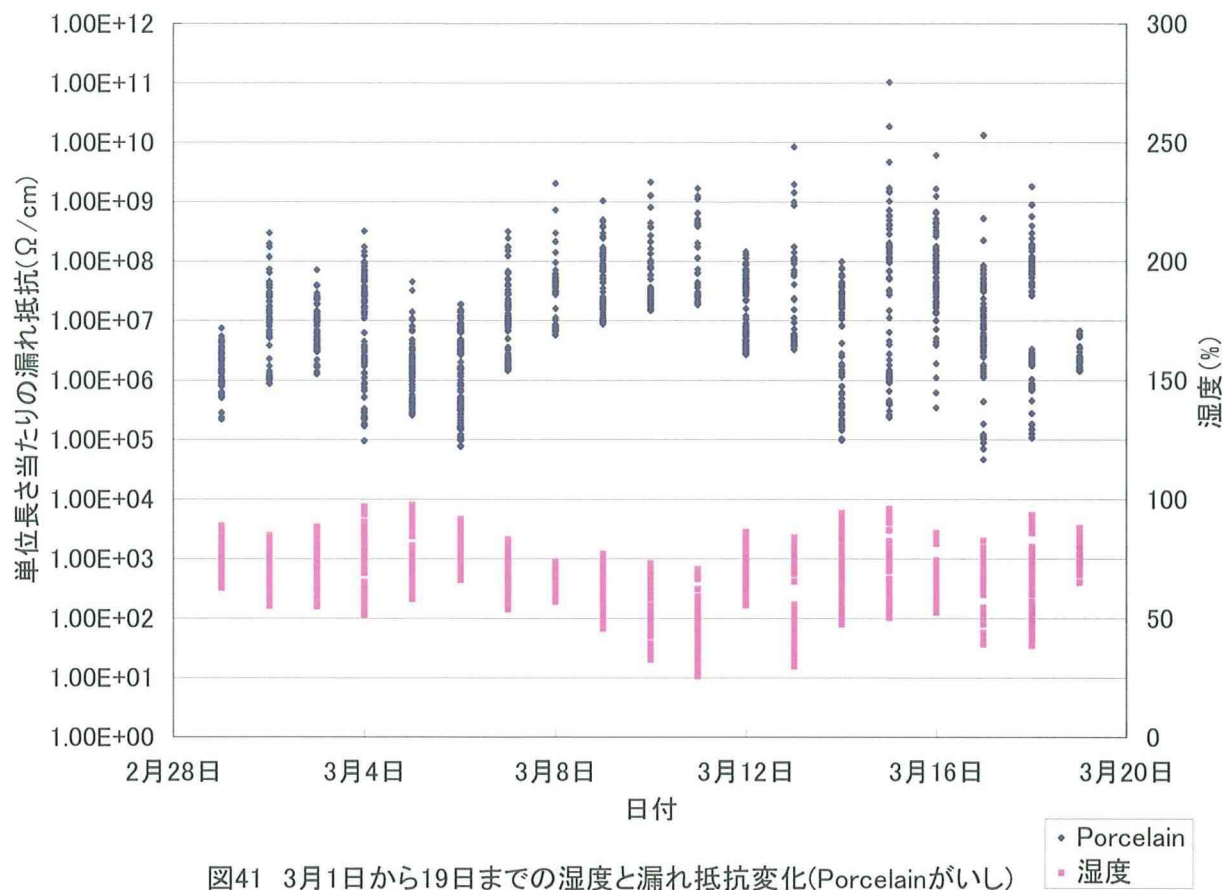


図40 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(EPDMがよい)



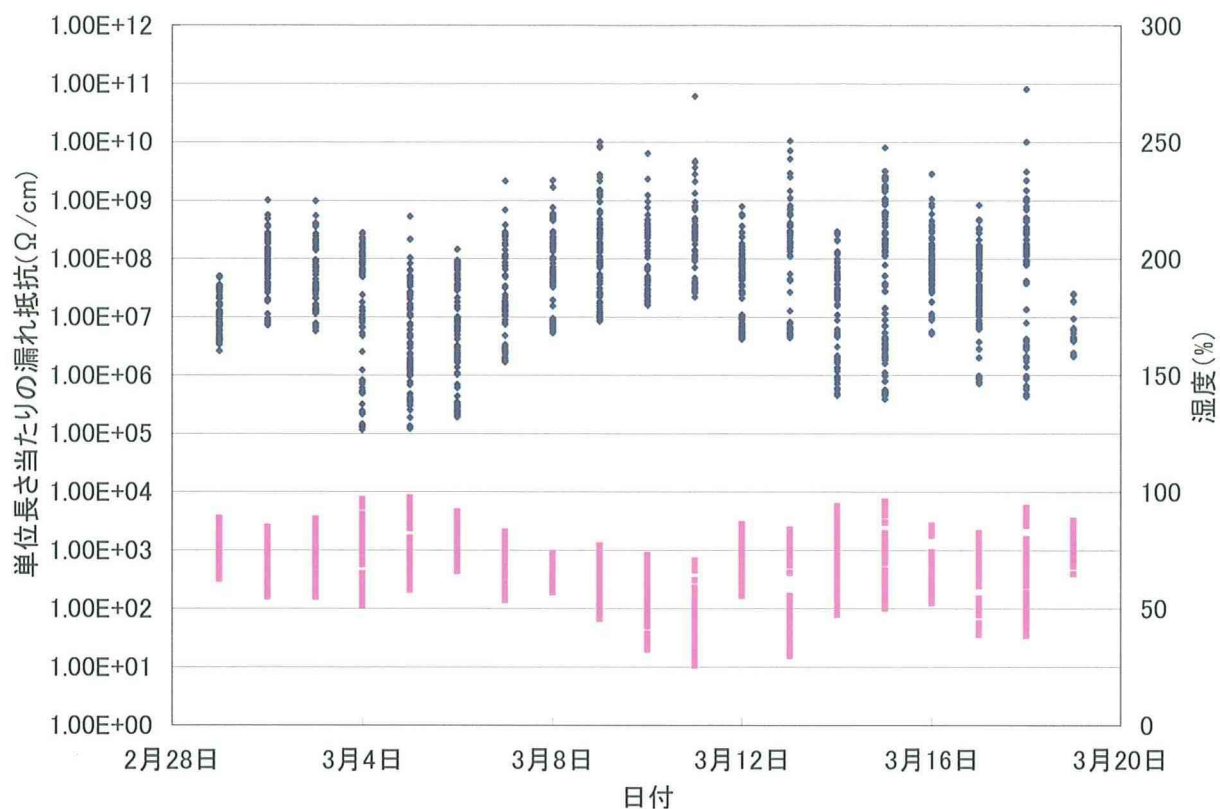


図43 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(HTV-ASがいし)

• HTV-AS
■ 湿度

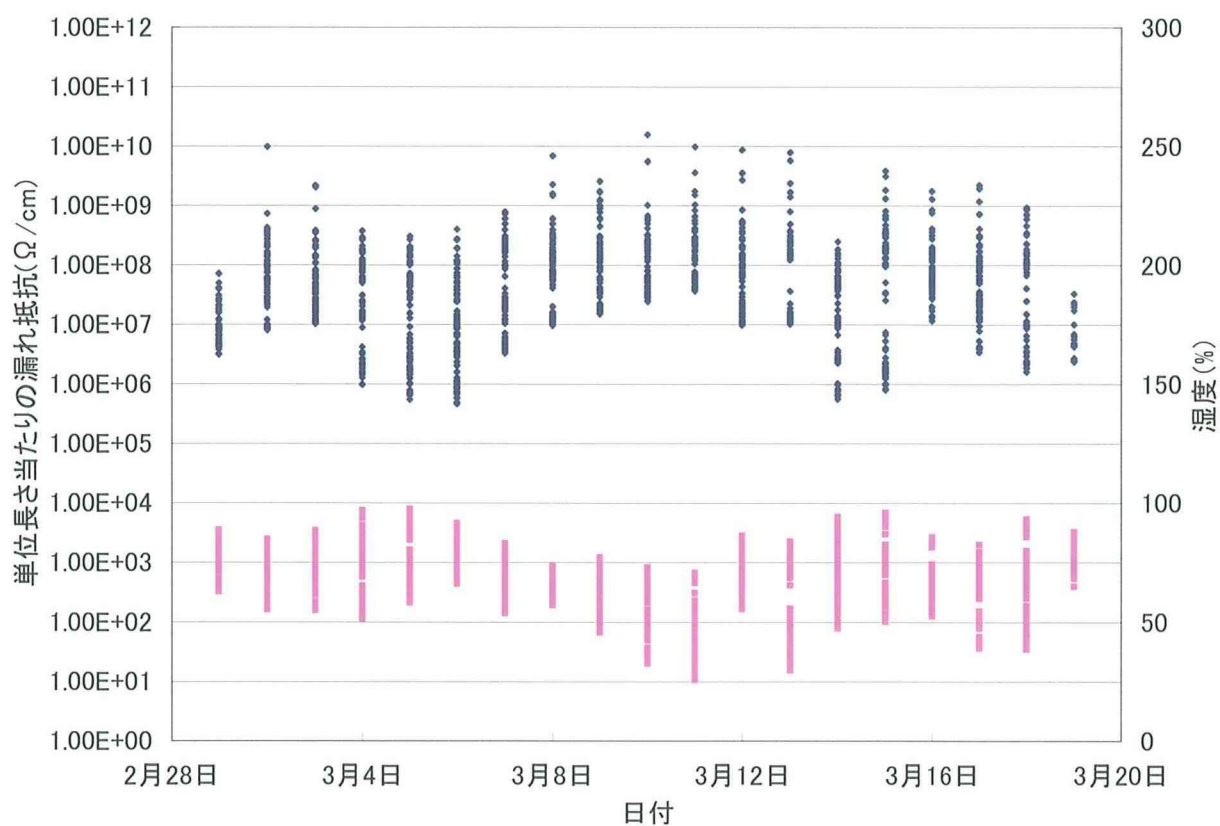


図44 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(RTV-RSがいし)

• RTV-RS
■ 湿度

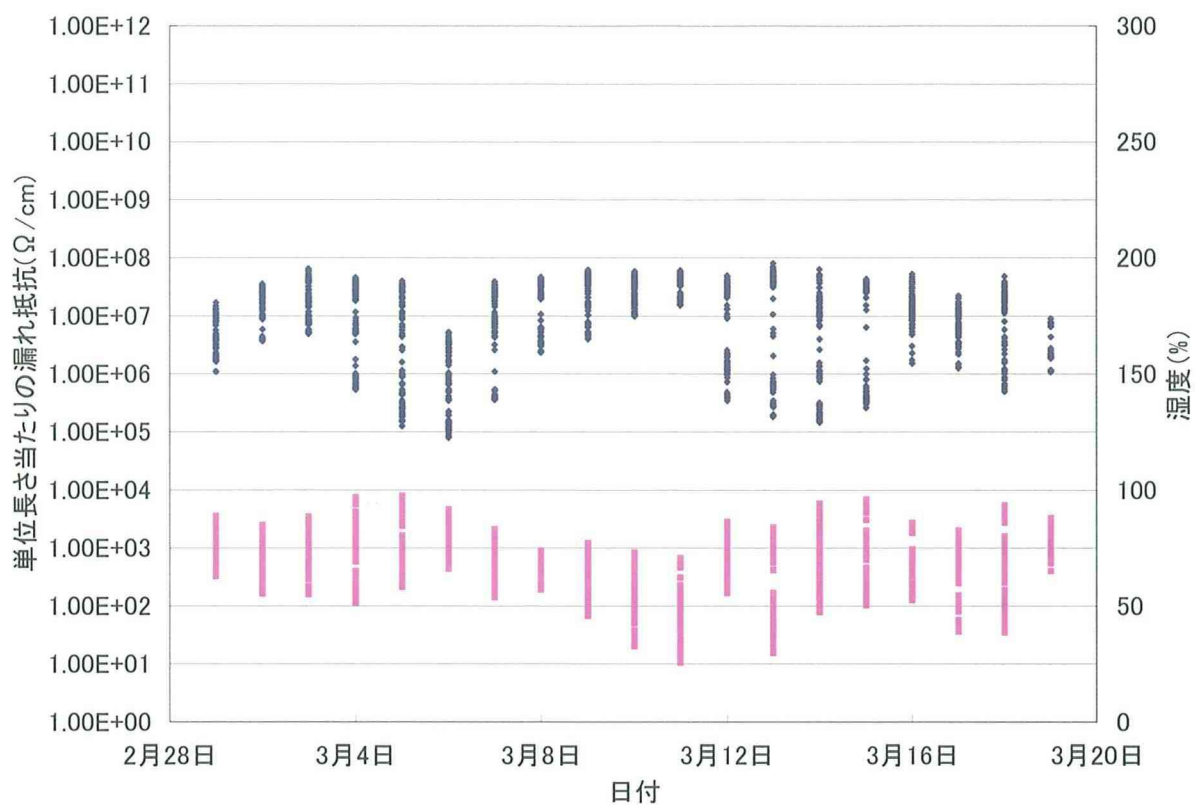


図45 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(HTV-RSがよい)

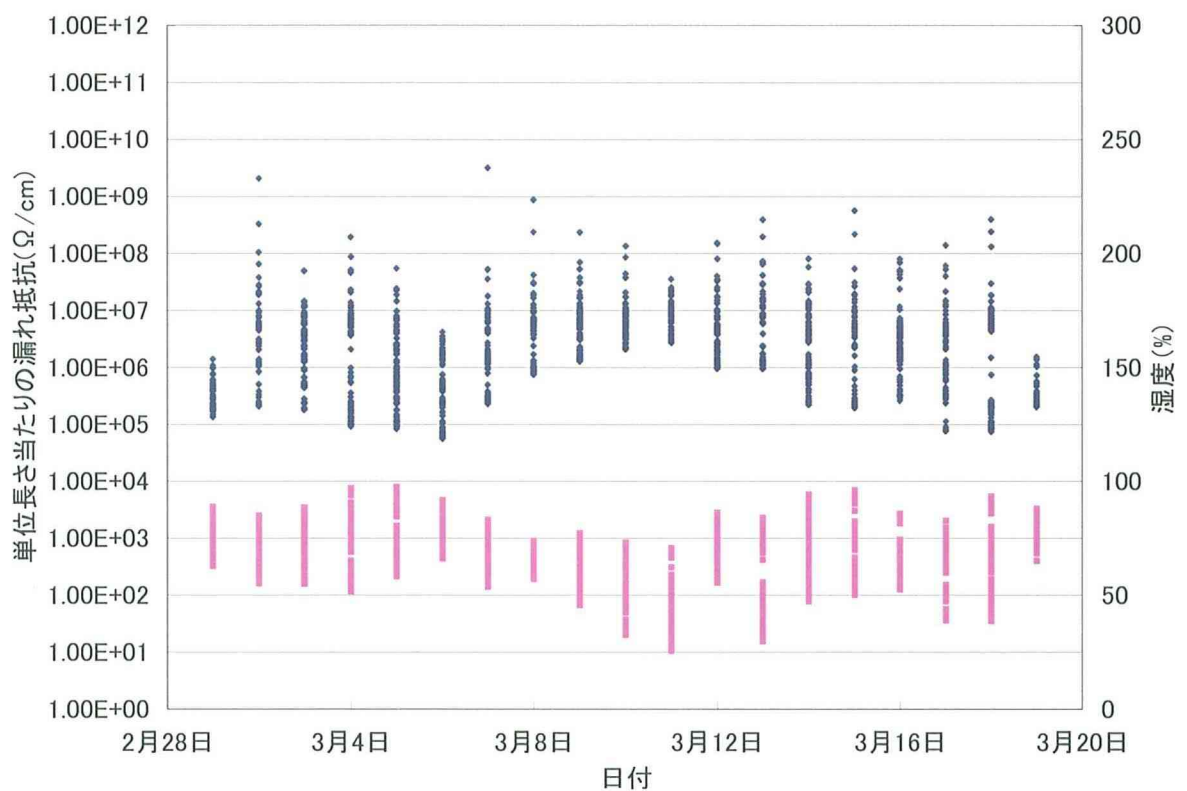


図46 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(耐塩がよい)

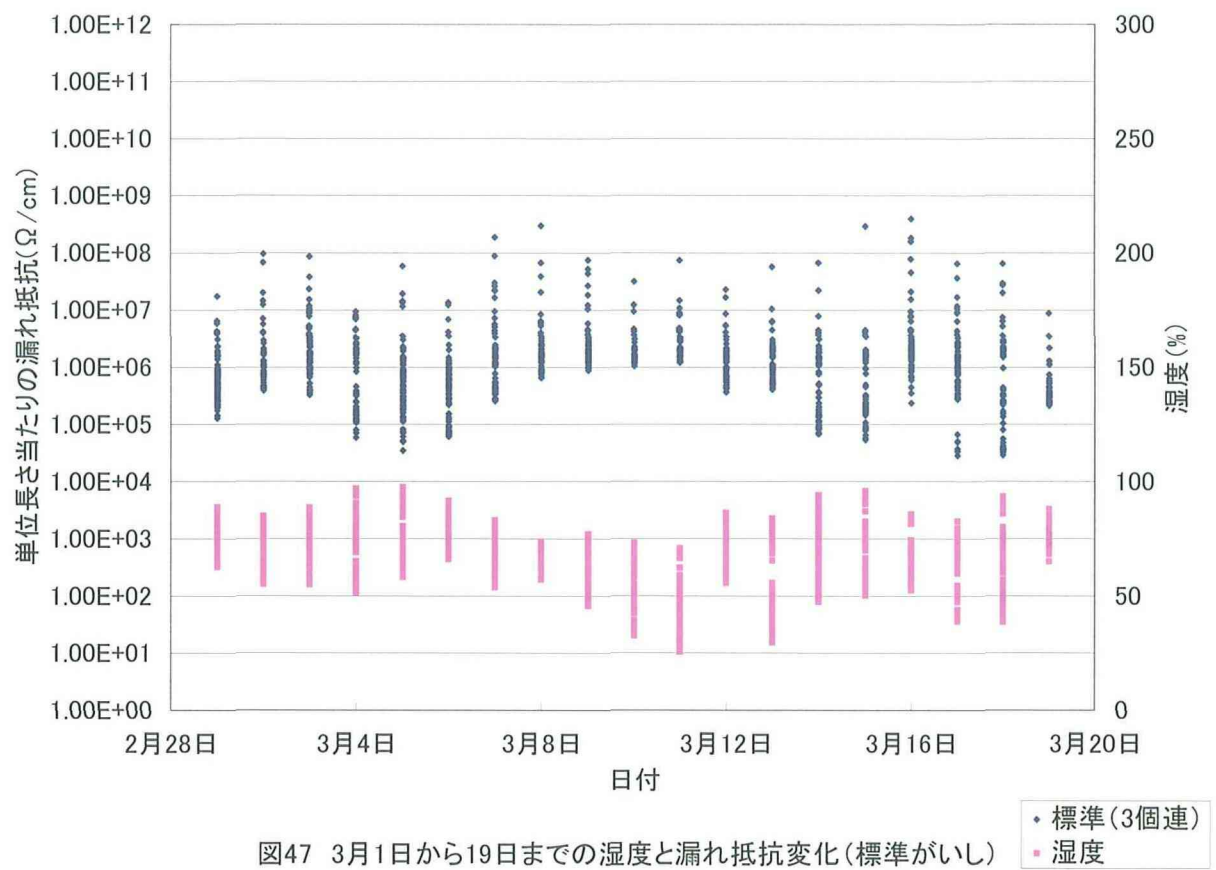


図47 3月1日から19日までの湿度と漏れ抵抗変化(標準がいいし)

曝露試験供試がいしの数が多いので、すべてのがいしを1つの図で示せないで、標準がいし(3個連)をそれぞれの図に入れて、標準がいし(3個連)の漏れ抵抗をがいしの相互の比較時の基準とした。

(4) 3日間の直流漏れ抵抗変化

図48から図50には、3月1日から3月3日までの漏れ抵抗変化を示す。図51から図53には、3月中で漏れ抵抗が低かった3月3日から3月6日までを示す。図48から図53には風速と湿度、さらに比較時の基準にした標準がいし(3個連)の漏れ抵抗を示した。それに加えて、図48と図51には、SiRがいし、EPDMがいし、Porcelainがいし、EVAがいしの漏れ抵抗を示し、図49と図52には耐塩がいし(3個連)の漏れ抵抗を示し、図50と図53にはHTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしを示した。

図48から図50より、SiRがいしの漏れ抵抗値が最も低く、EPDMがいし、Porcelainがいし、標準がいし、耐塩がいしの、4種類が次に漏れ抵抗値が低かった。EVAがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗値は高いことがわかる。

図51から図53より、すべてのがいしが3月4日の降雪で漏れ抵抗が低下し、3月5日の昼に日射によって雪が解け漏れ抵抗が回復している。しかし、3月5日の夜に雪が降り風が強くなったため漏れ抵抗が再び低下した。EVAがいしは、笠間隔が短いために降雪時に漏れ抵抗が大きく低下した。

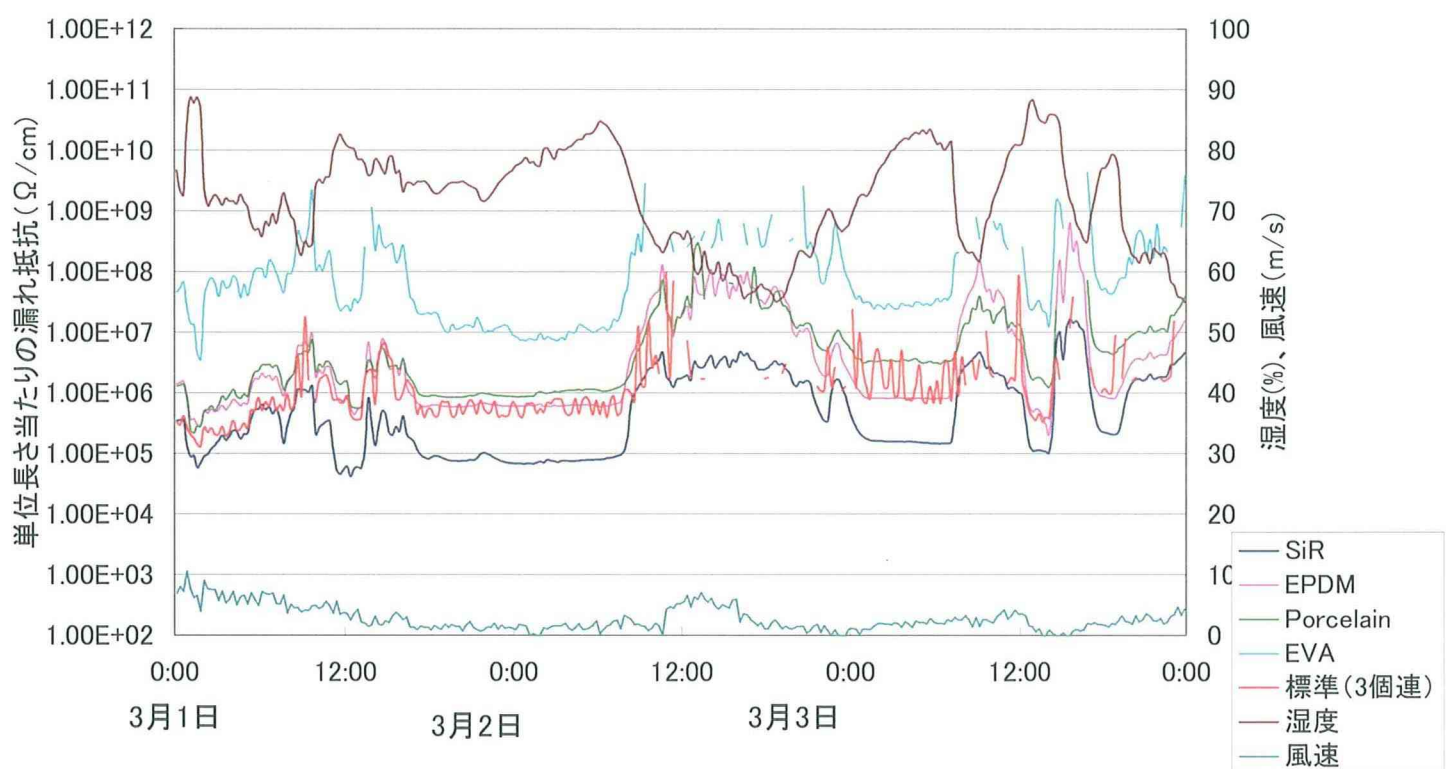


図48 3月1日から3月3日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(1)

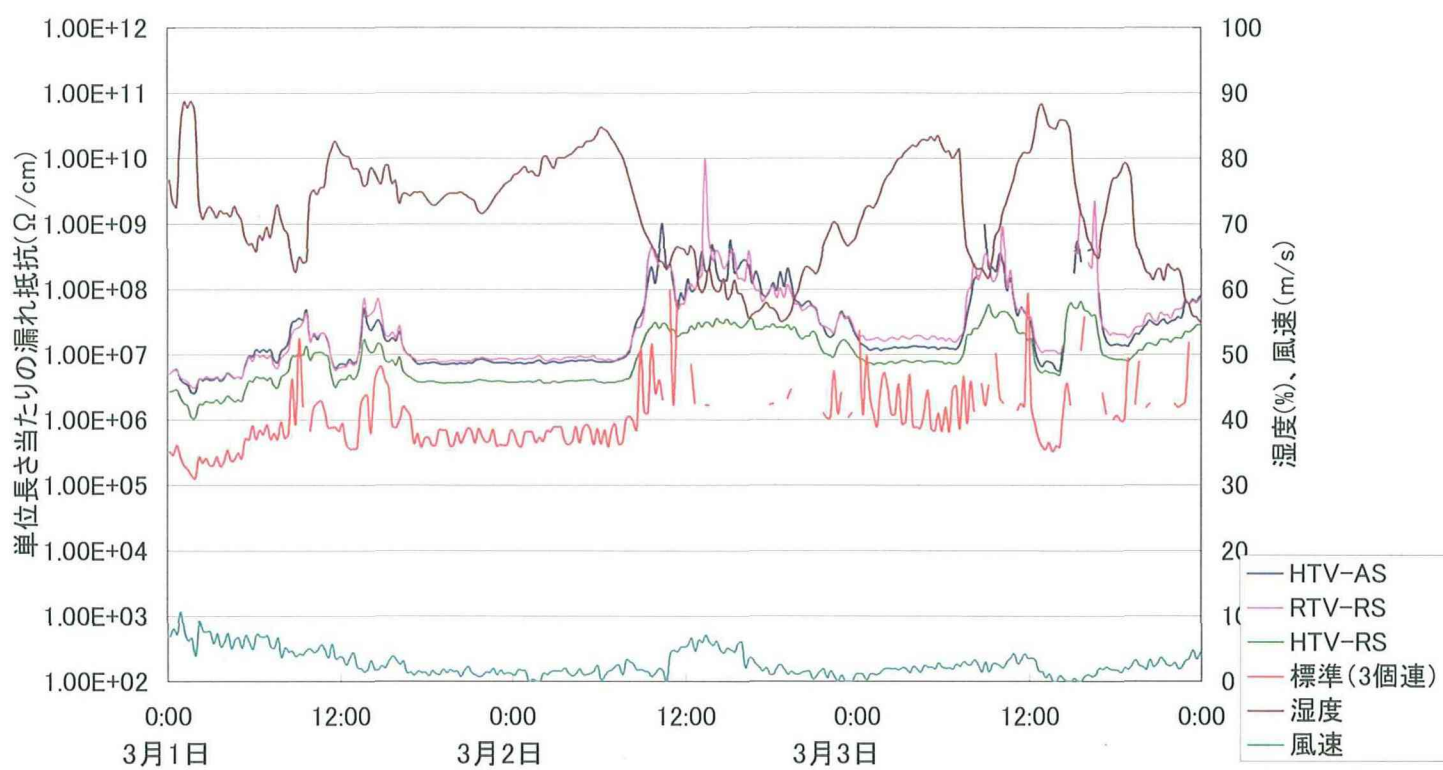


図49 3月1日から3月3日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(2)

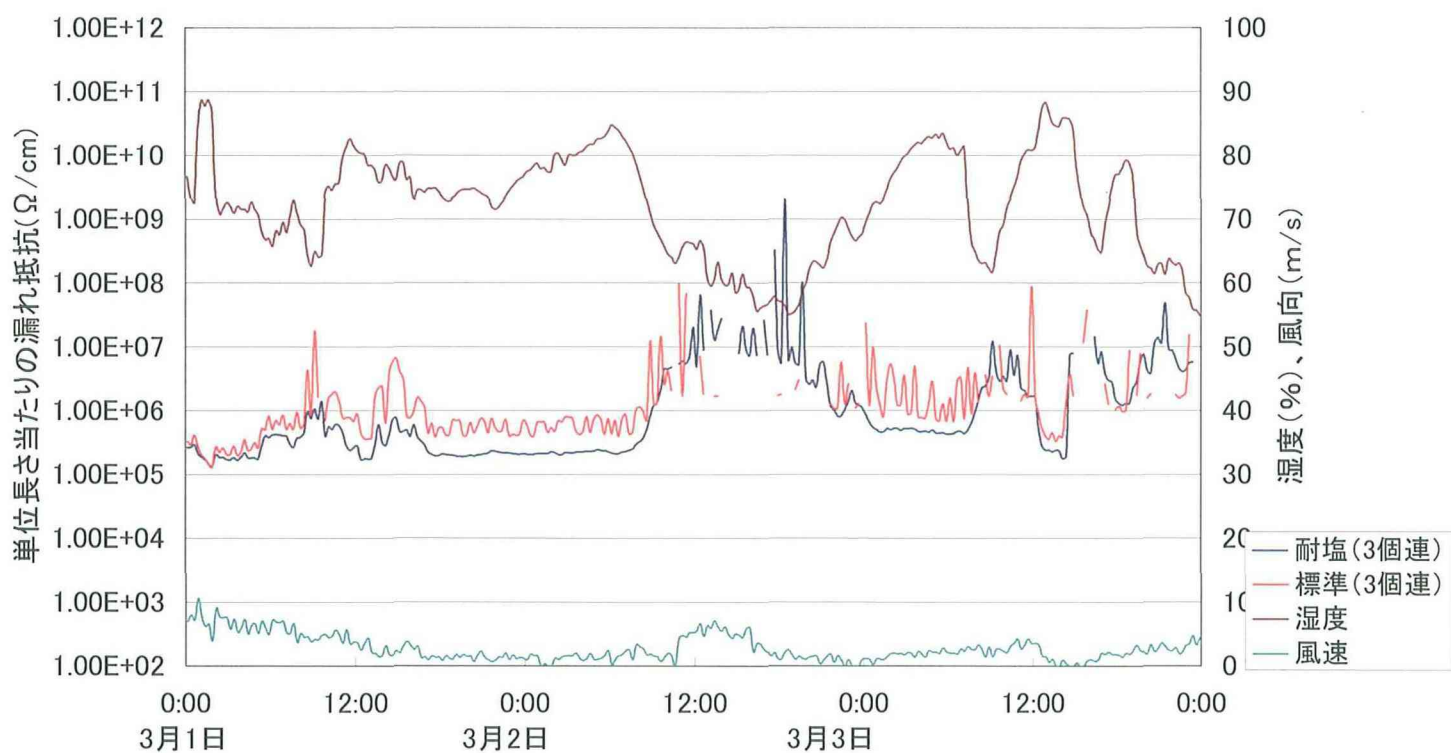


図50 3月1日から3月3日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(3)

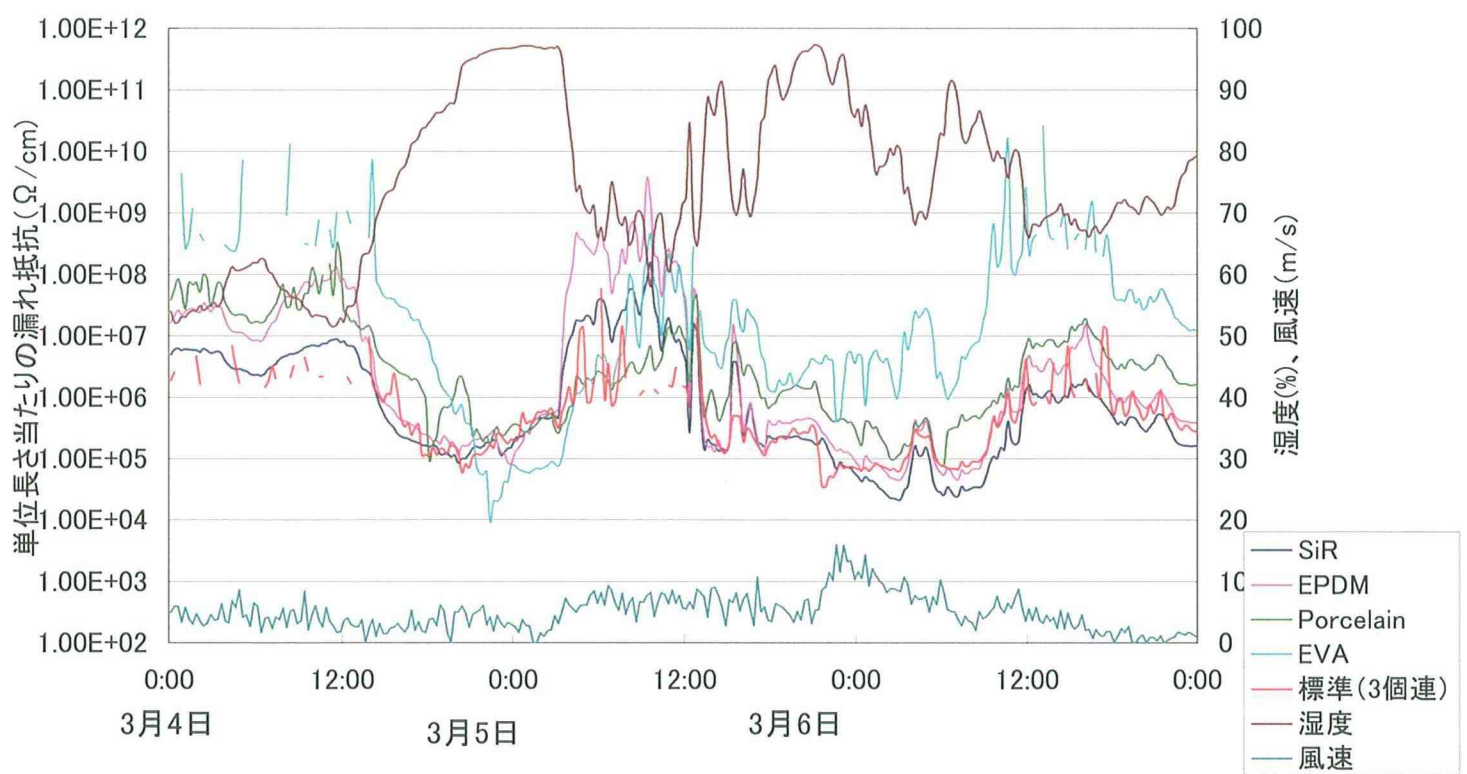


図51 3月4日から3月6日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(1)

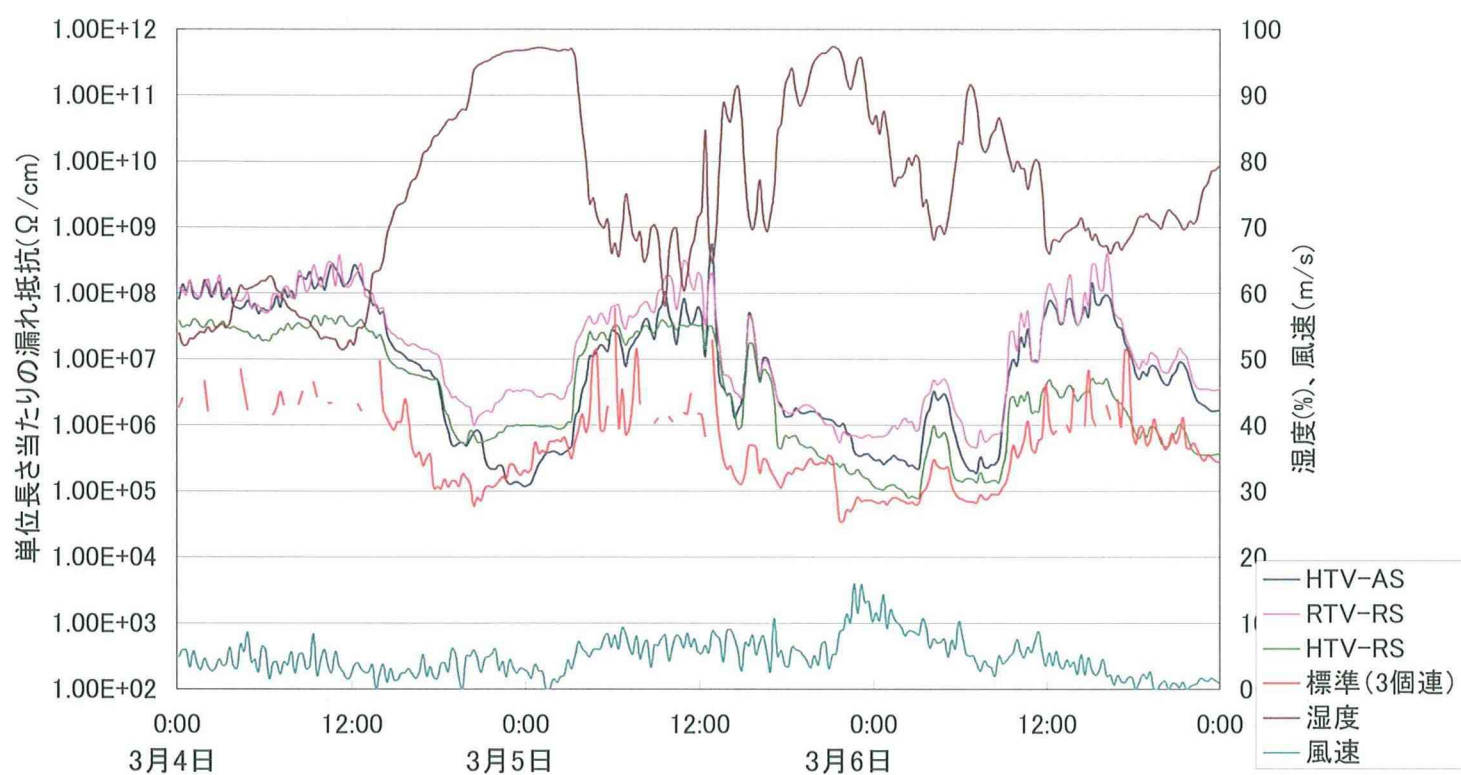


図52 3月4日から3月6日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(2)

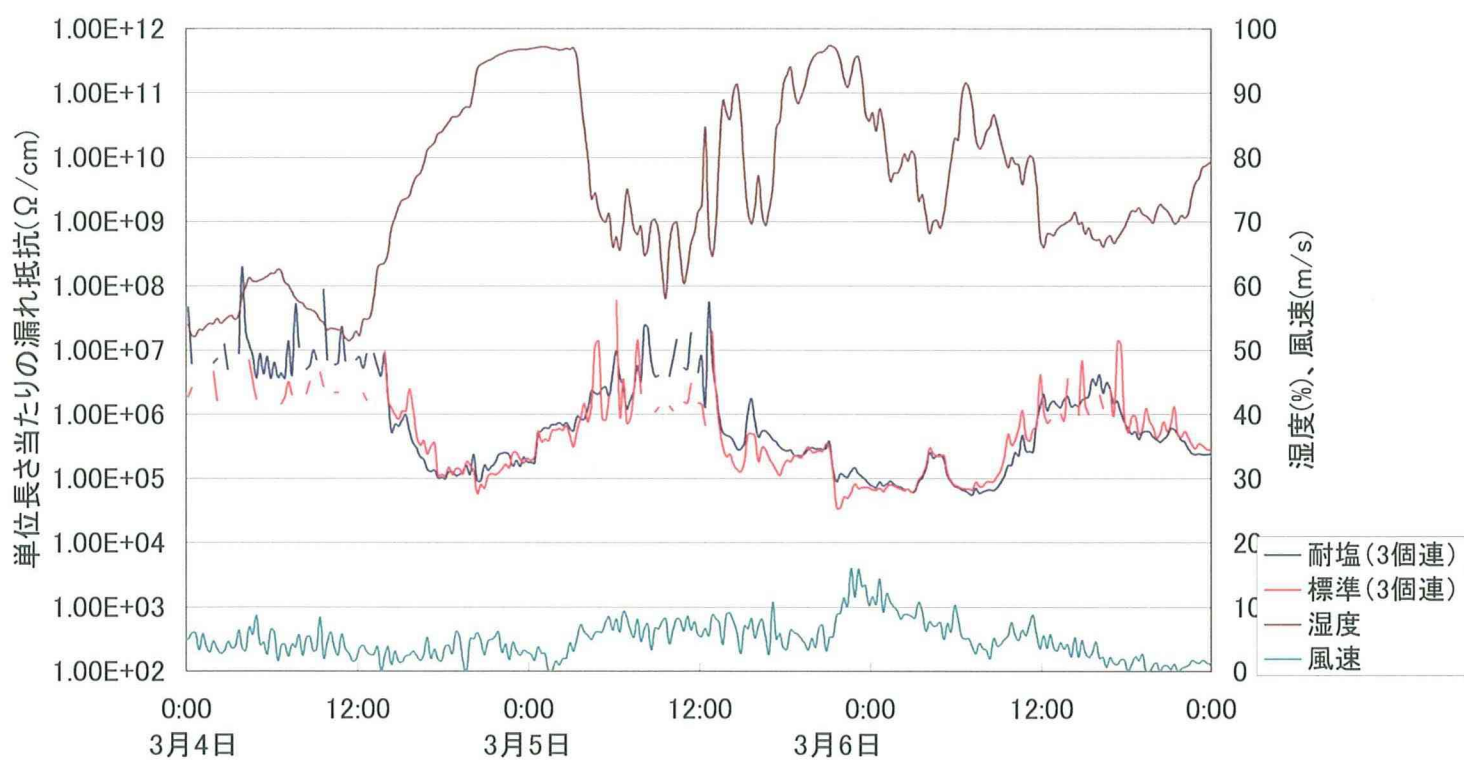


図53 3月4日から3月6日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(3)

2－5－3 5月測定時の気象環境

3月と同じように図54は、風向に対する風速を示し、図55は、風速の割合を示した。図54と図55から、5月は強い風がほとんど発生しないことが判る。図56は、2－5－1節と同じように風向を朝9時から18時と、18時から9時に分けて示した。図57は、1日の各時刻に対する風向を示した。図56と図57から、夜間は東風が多いことがわかった。これは夜間は2－5－1節と同じように、放射冷却で陸地の方が低温になり、夜間に陸から海へ向かう陸風⁽⁷⁾が吹いたためだと考えられる。また昼間は西風が多いことがわかる。これは日中は日射のため陸地の方が高温になり、海から陸へ向かう海風⁽⁷⁾が吹いたためだと考えられる。図58に風向に対する湿度を示した。図58からは、湿度が低い時には東風が吹くことが多いことが判る。これは西風が海から湿った空気を運んでくるので低湿度になりにくいためだと考えられる。図59は、相対湿度の割合を示した。3月は気温が低く降雪であったが、5月は気温が高いためで降雨であった。

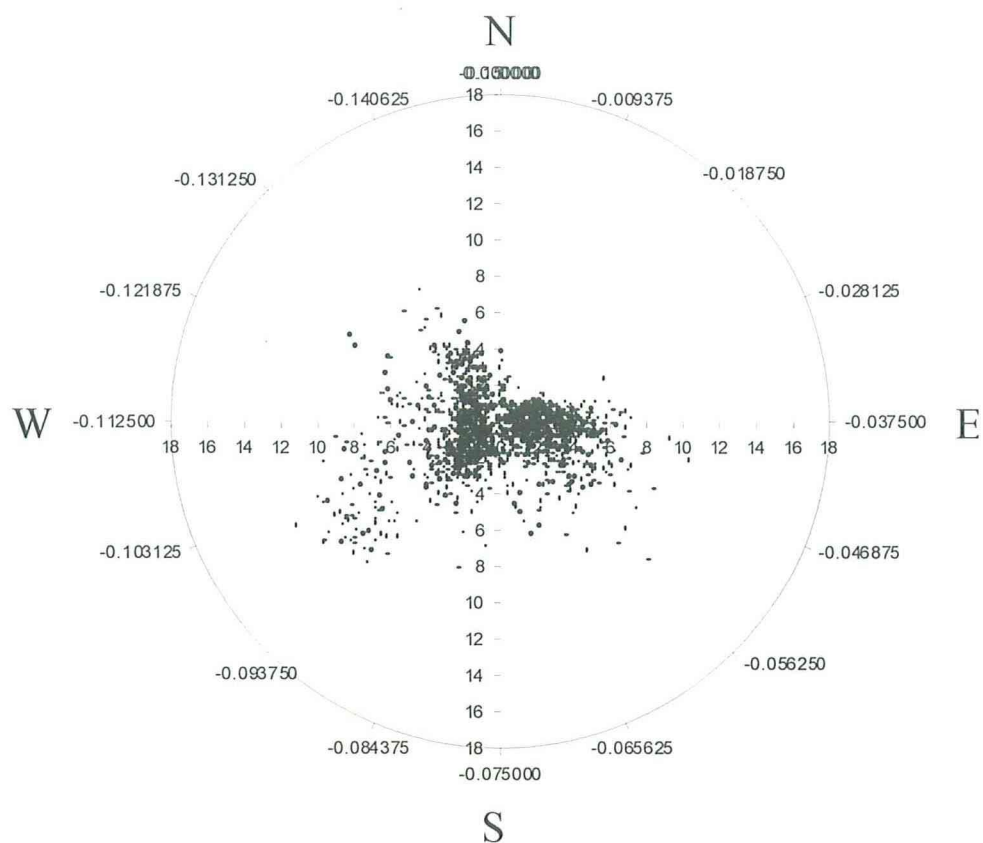


図54 風速vs風向(5月)

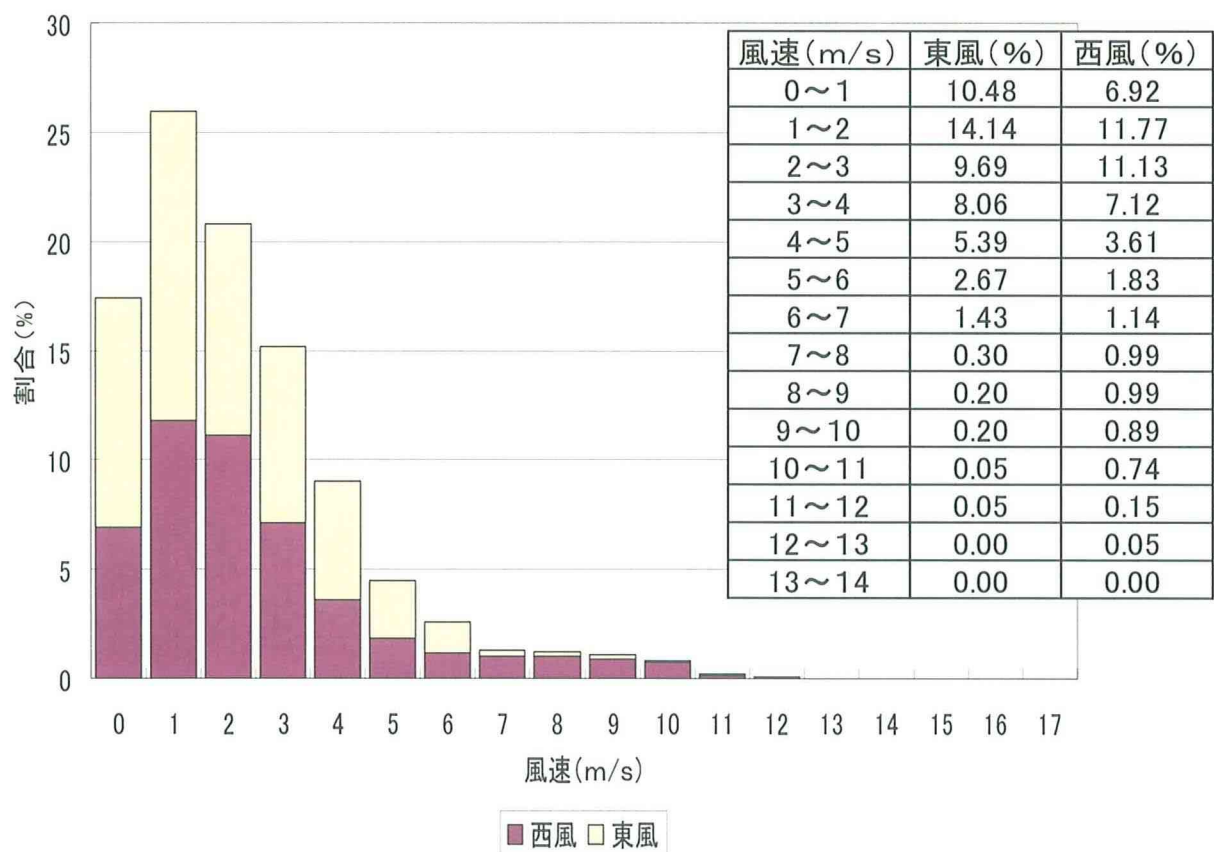


図55 5月の風速割合

風向	9時～18時	18時～9時
北	0.496689	0.93819
北北東	0.275938	0.386313
北東	0.165563	0.93819
東北東	0.275938	11.20309
東	1.269316	15.72848
東南東	1.931567	9.988962
南東	1.15894	3.863135
南南東	1.214128	1.15894
南	1.048565	0.551876
南南西	3.256071	1.434879
南西	7.94702	4.525386
西南西	6.015453	3.421634
西	3.311258	2.152318
西北西	2.704194	1.655629
北西	5.187638	1.214128
北北西	3.145695	1.434879

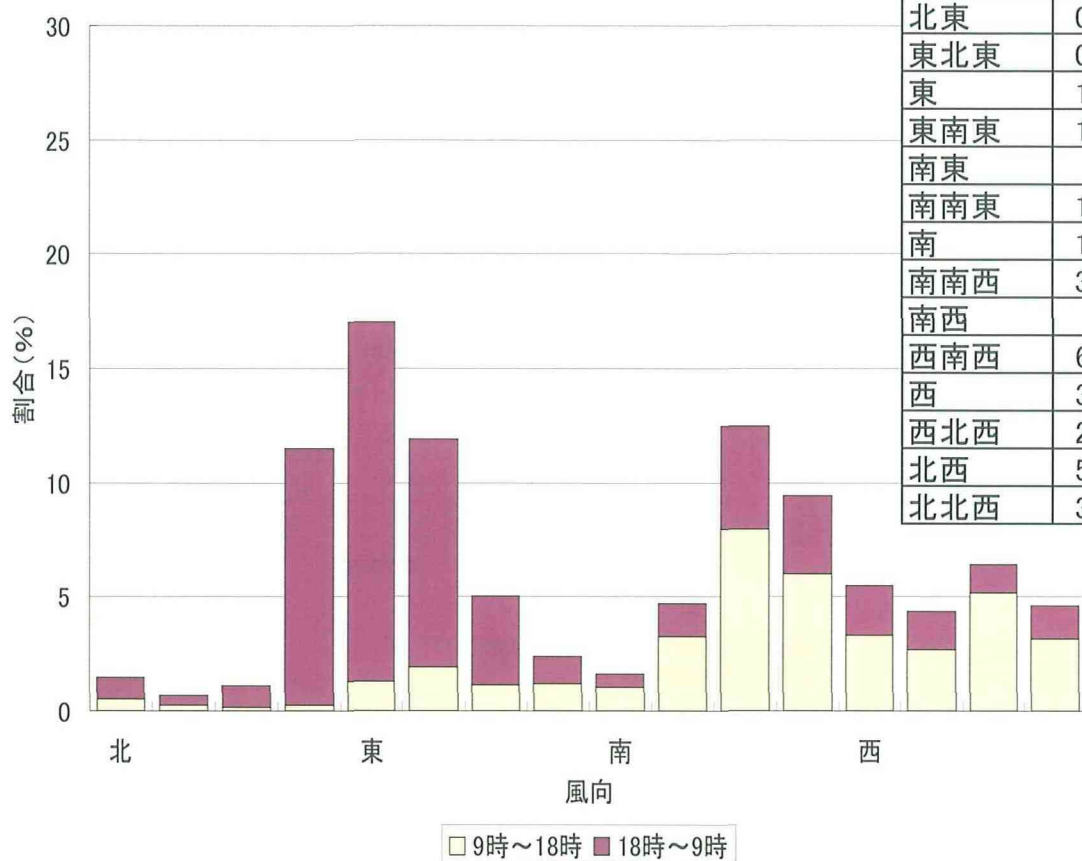


図56 5月の風向割合

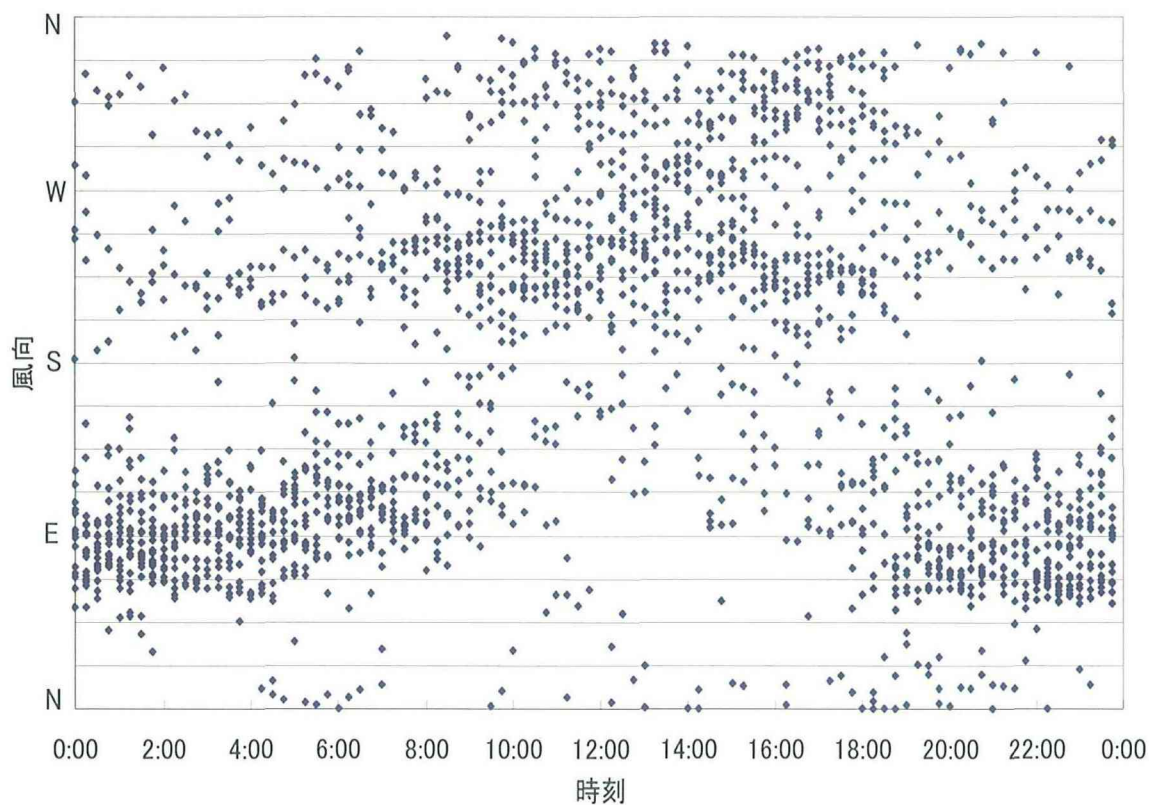


図57 時刻に対する風向(5月)

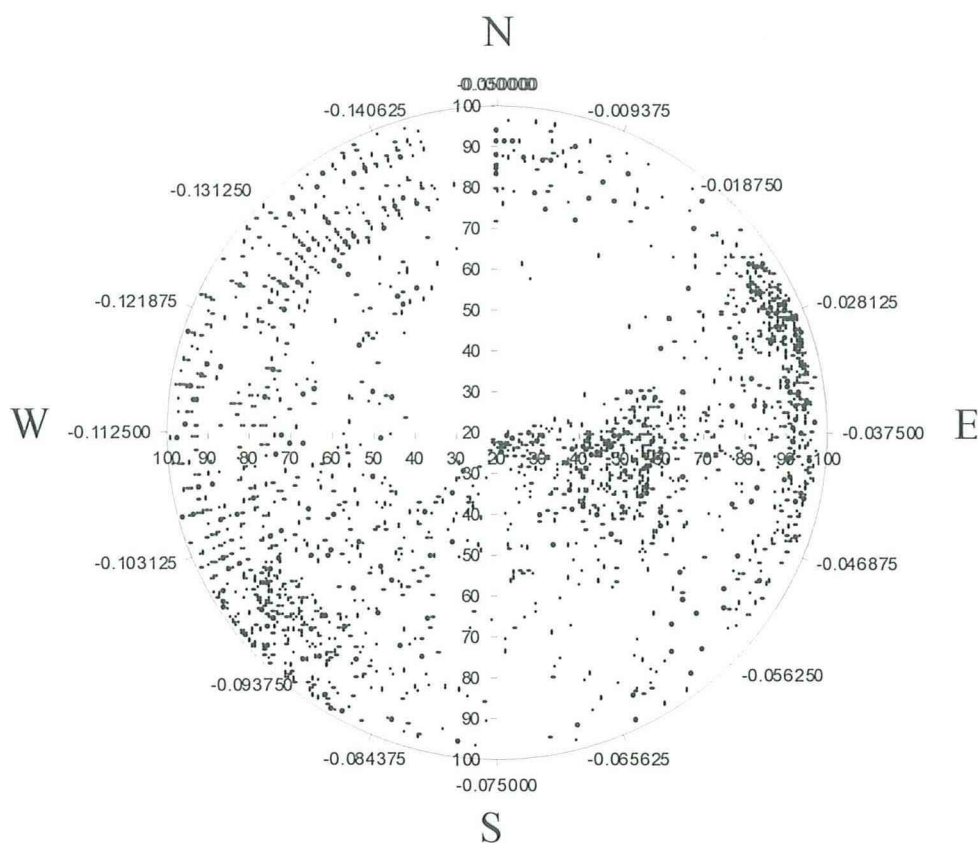


図58 湿度vs風向(5月)

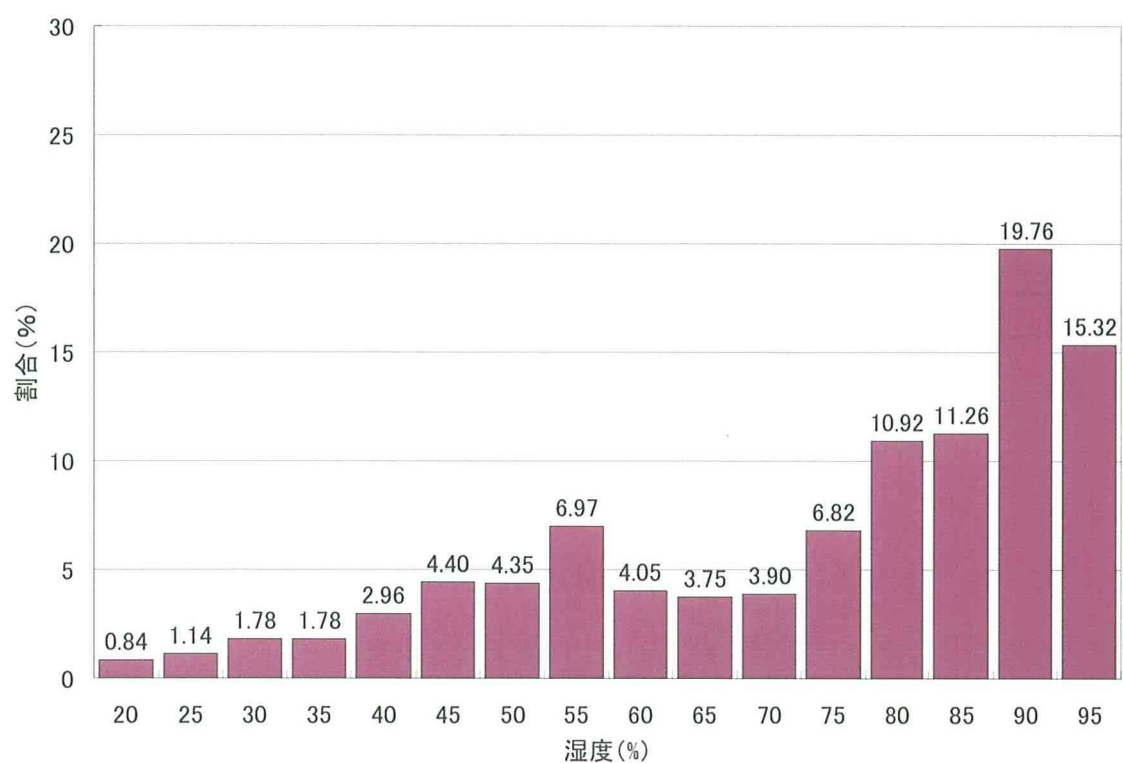


図59 5月1ヶ月の湿度割合

2-5-4 気象と漏れ抵抗（5月）

（1）風向と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係

図60から図68まで各がいしの風向に対する単位長さ当たりの漏れ抵抗を示した。これらの図から、東風より西風が吹いた時の方が、漏れ抵抗値は低いことが判る。これは、東風が吹いた時に比べて、西風が吹いた時の相対湿度が高いためだと考えられる。表2に、5月中の漏れ抵抗の最低値とその時の風向、風速を示した。漏れ抵抗が最低値を示す時、西風であり5月としては風が強かった。また、アメダスデータより降雨があった時に漏れ抵抗の低下につながったと考えられる。

材料の違いによる、風向と漏れ抵抗の関係に大きな違いは見られなかった。

表2. 各がいしの漏れ抵抗最低値と風向、風速(5月)

	単位長さ当たりの漏れ抵抗の 最低値(Ω/cm)	風向(V)	16方位	風速(m/s)
SiRがいし	1.65E+04	0.101948	西南西	10.55962
EPDMがいし	1.42E+04	0.101948	西南西	10.55962
Porcelainがいし	1.75E+04	0.094895	南西	7.557759
EVAがいし	3.07E+04	0.102991	西南西	7.215419
HTV-ASがいし	2.44E+04	0.104449	西南西	6.627785
RTV-RSがいし	2.04E+04	0.104449	西南西	6.627785
HTV-RSがいし	1.67E+04	0.104449	西南西	6.627785
耐塩がいし	1.08E+04	0.104449	西南西	6.627785

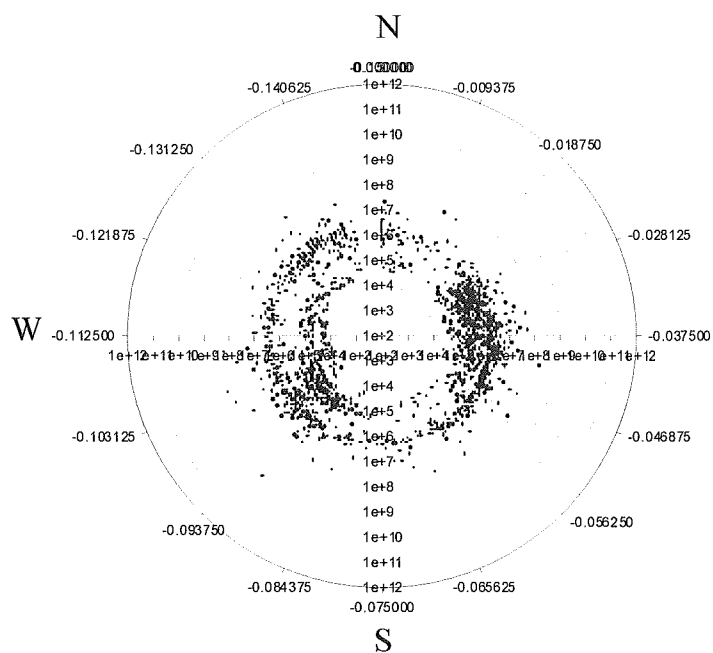


図60 標準がいの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

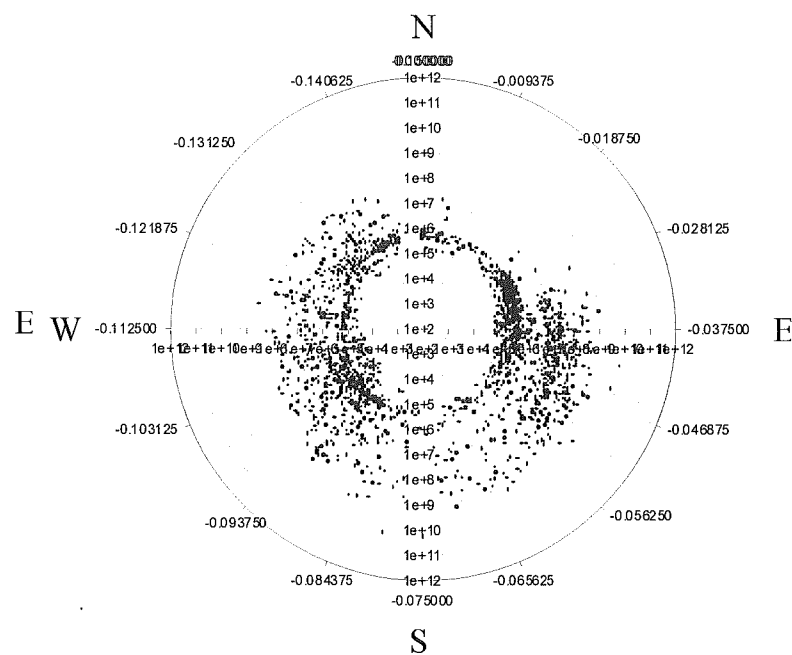


図61 SiRがいの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

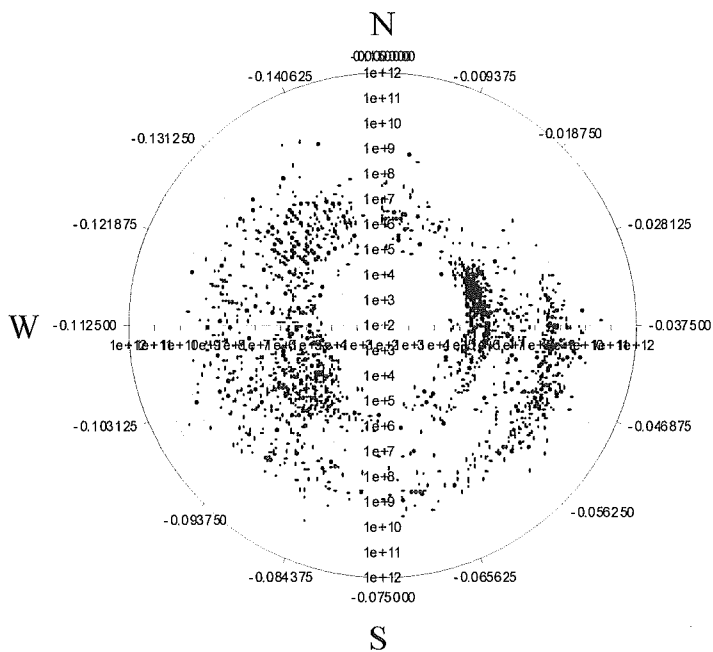


図62 EPDMがいの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

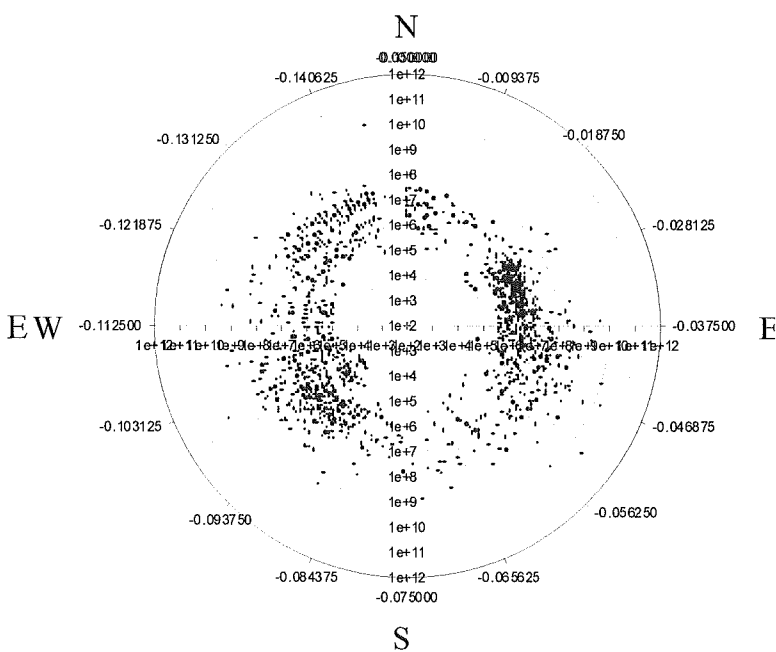


図63 Porcelainがいの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

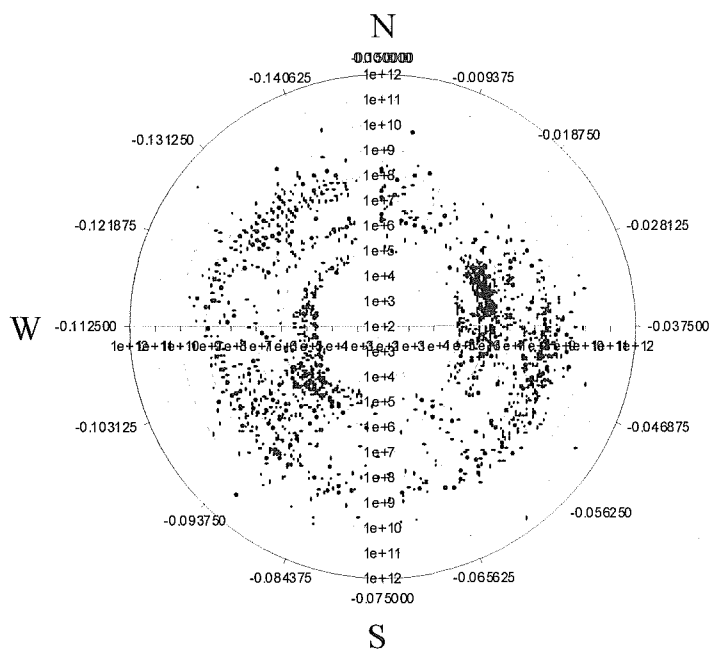


図64 EVAがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

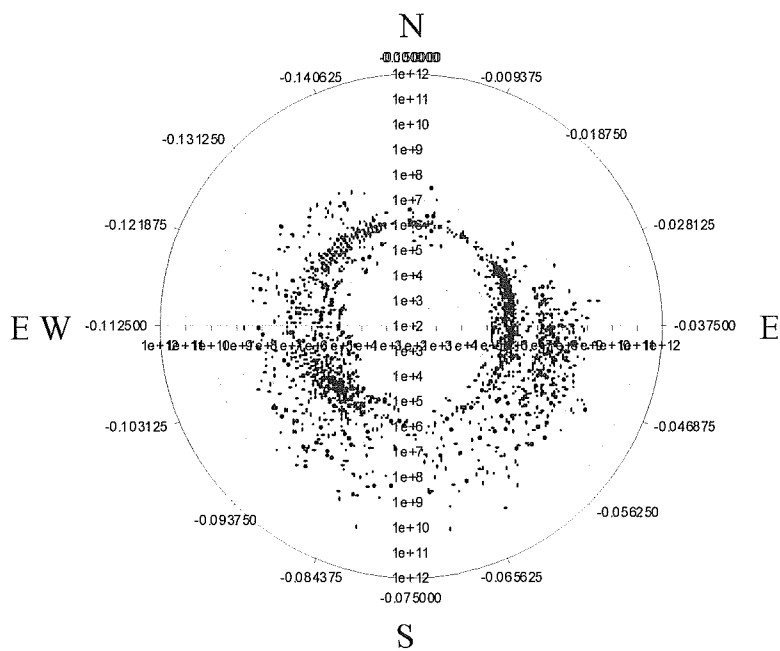


図65 HTV-ASがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

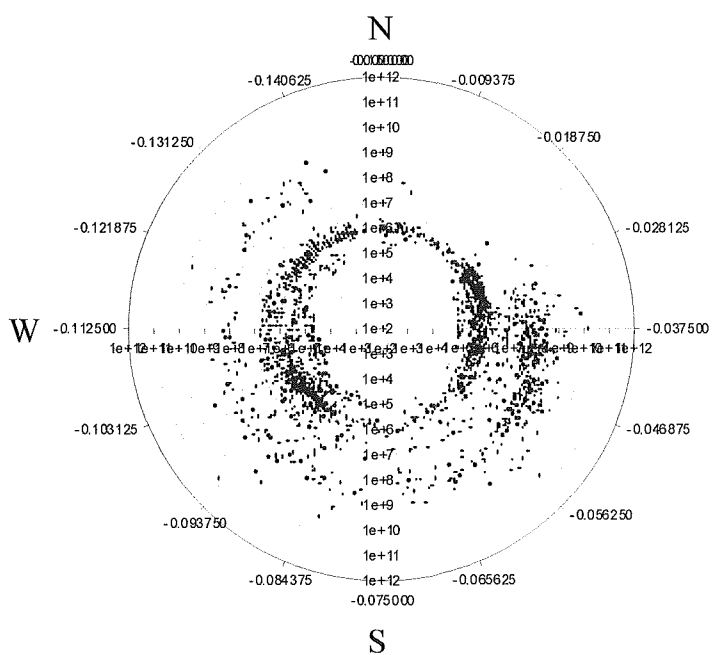


図66 RTV-RSがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

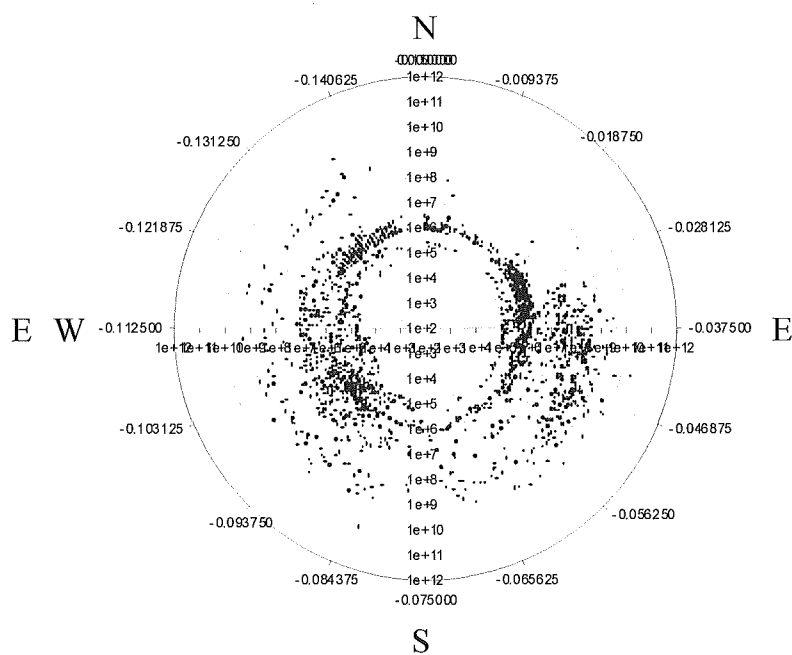


図67 HTV-RSがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

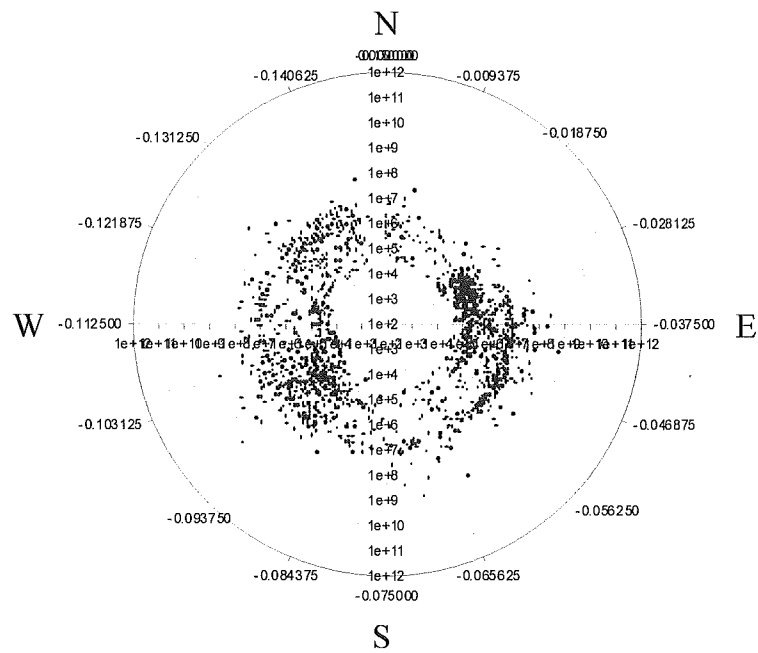


図68 耐塩がよいの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(5月)

(2) 相対湿度と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係

図69から図77に各がいしの相対湿度と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係を示す。図69、図73、図74、図75から、シリコーンゴム材質であるSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしは、湿度が上がると漏れ抵抗は直線的に低下することが判る。SiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗が湿度33%付近から低下しているのは、2-5-2節に述べたように、塩化マグネシウムの潮解が湿度33%⁽³⁾から始まるためだと考えられる。図70、図72、図76、図77のEPDMがいし、EVAがいし、耐塩がいし、標準がいしは、湿度75%以下で漏れ抵抗値がほぼ一定で、湿度75%以上になると漏れ抵抗値が低下した。これは、2-5-2節に述べたように塩化ナトリウムの潮解が湿度75%^(3、4)から始まるためだと考えられる。

磁器製の標準がいしや耐塩がいしの漏れ抵抗は、 $10^7 \Omega/\text{cm} \sim 10^4 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。Porcelainがいしは、標準がいしと耐塩がいしと同じ磁器製であるが、下面にリブがない形状のがいしで、雨により汚損物が洗浄されやすく絶縁性が回復した。また、絶縁性能が良いために低湿度で漏れ抵抗を測定できなかったと考えられる。磁器以外の、SiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、EVAがいし、EPDMがいしは、低湿度では標準がいし、耐塩がいしに比べて漏れ抵抗は高いが、高湿度時や降雨があるとリブがないために水滴が笠下面全体を濡らし、漏れ抵抗を低下させたと考えられる。また、SiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、EVAがいし、EPDMがいしの漏れ抵抗値は、 $10^{10} \Omega/\text{cm} \sim 10^4 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。

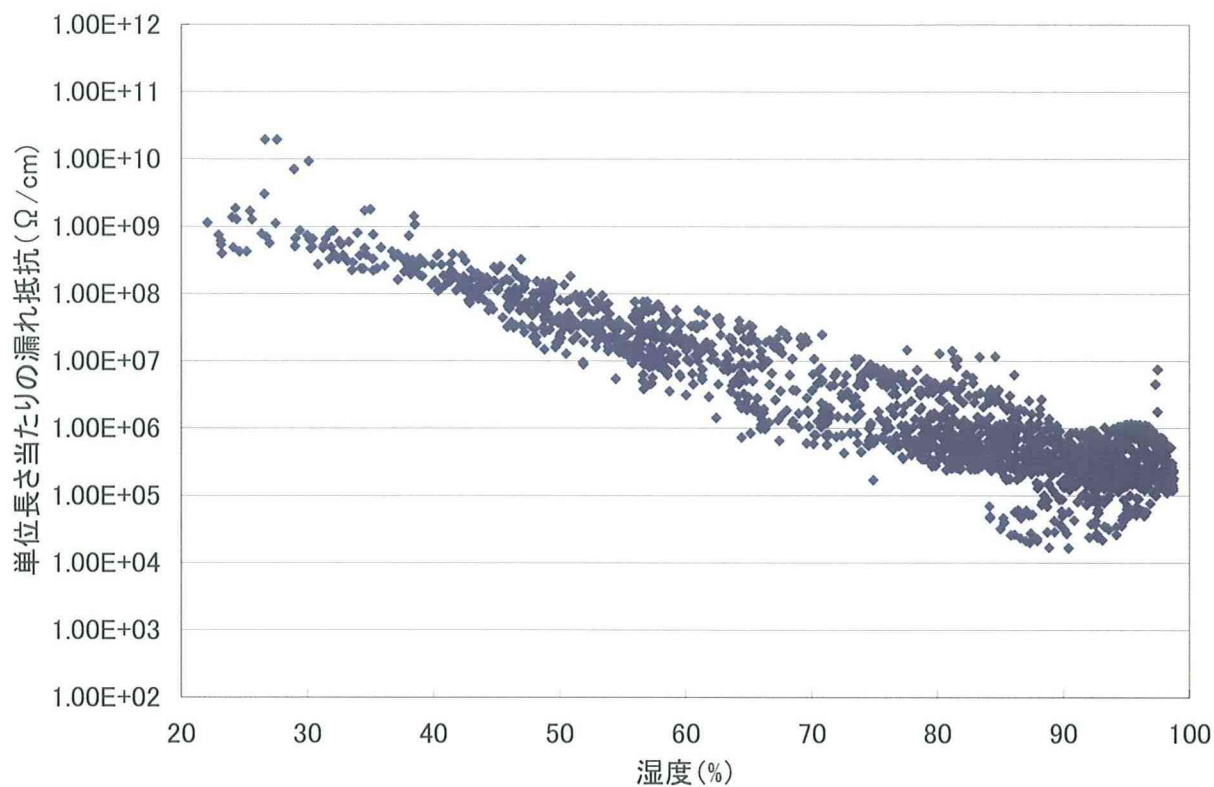


図69 SiRがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

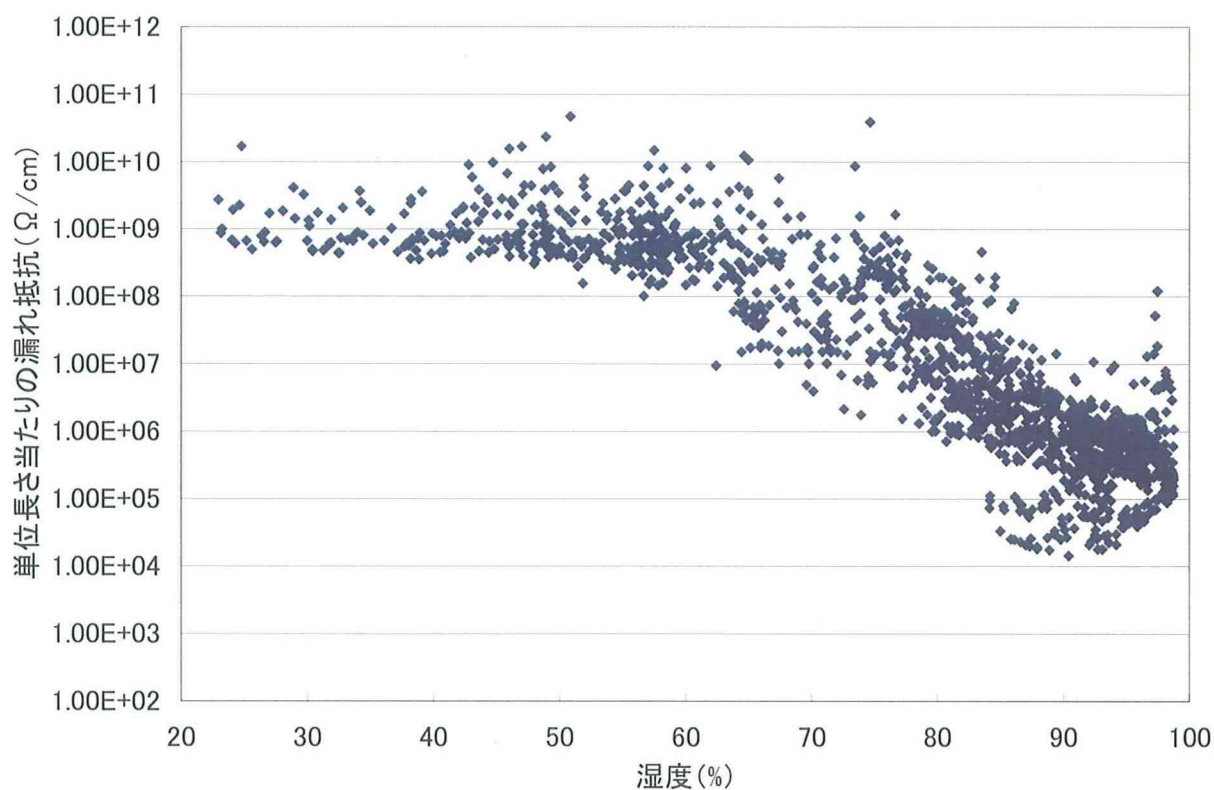


図70 EPDMがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

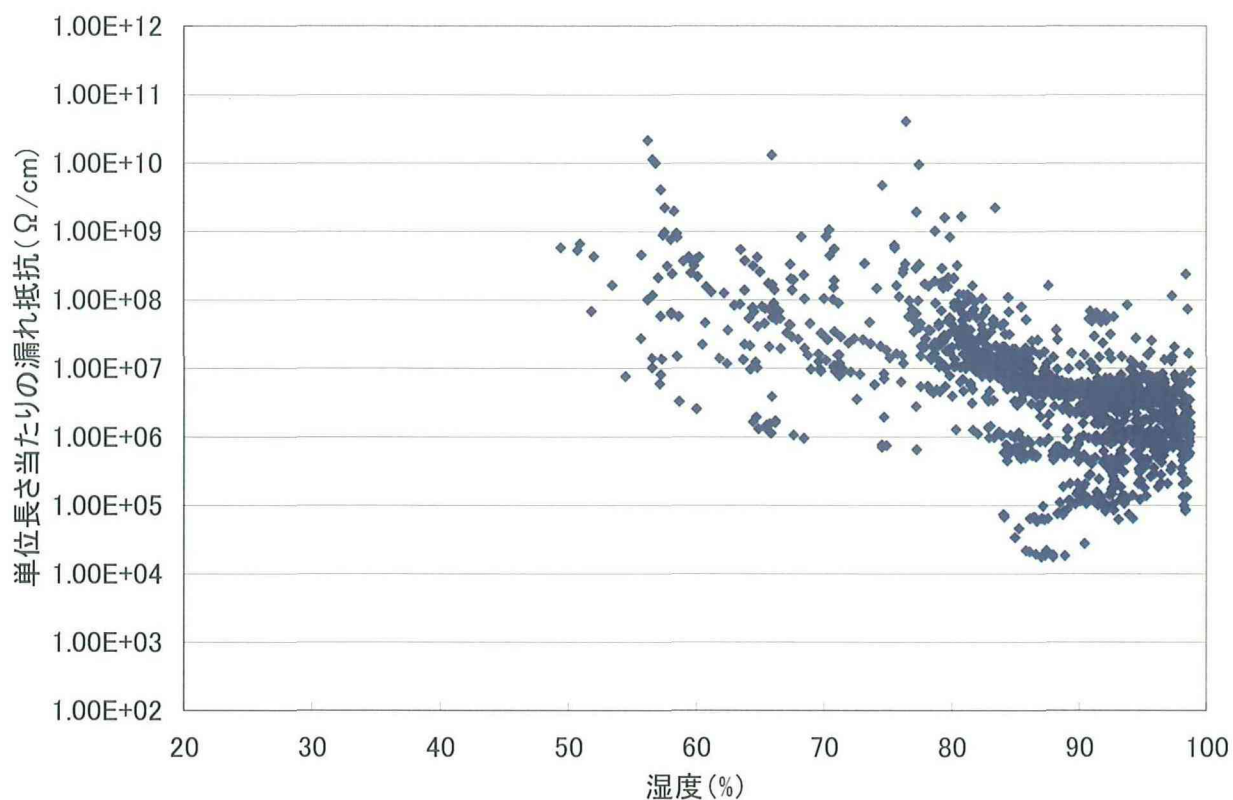


図71 Porcelainがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

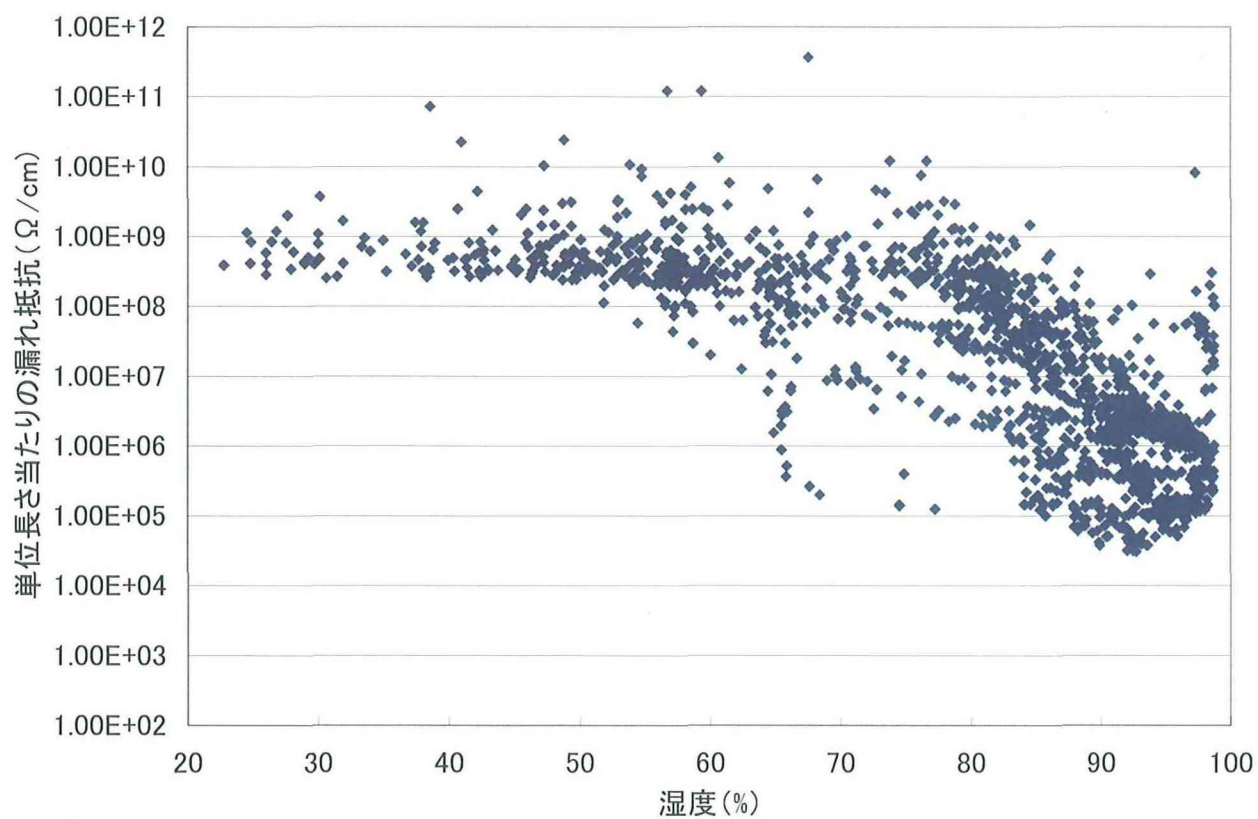


図72 EVAがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

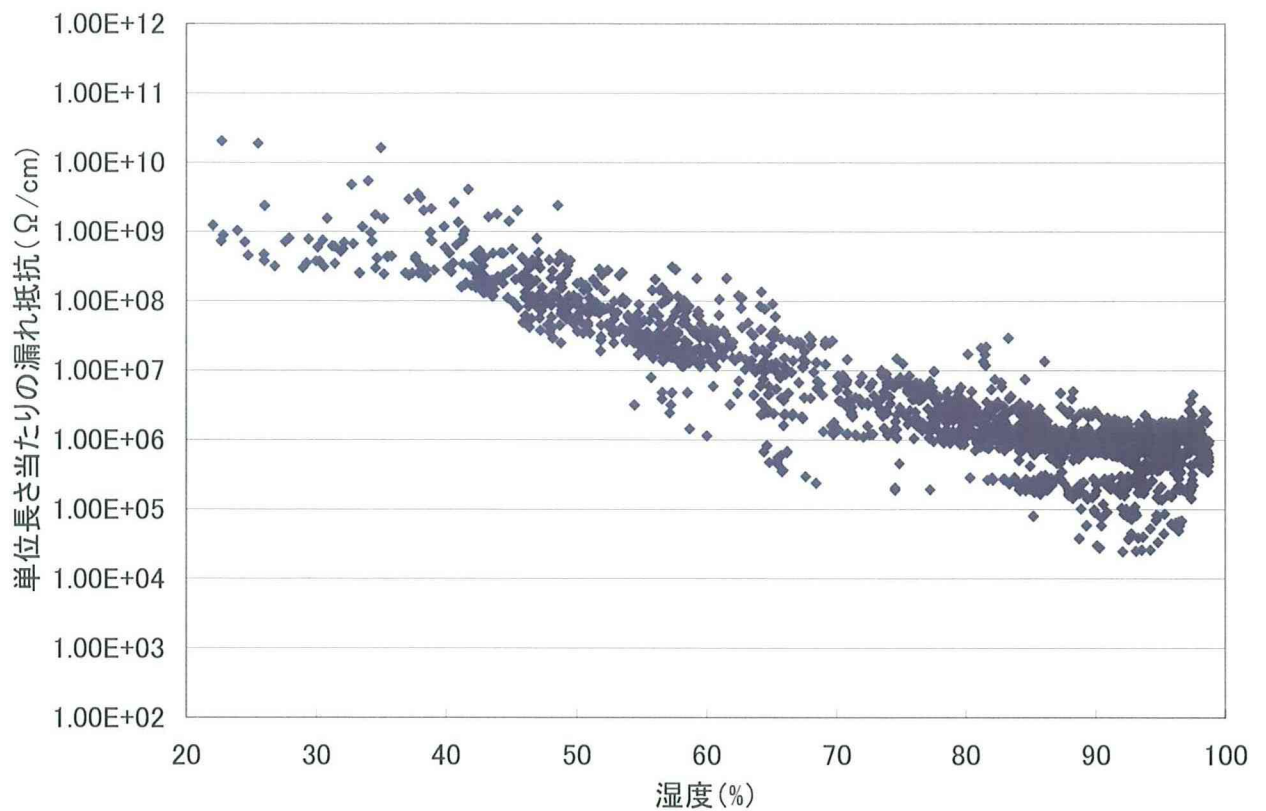


図73 HTV-ASがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

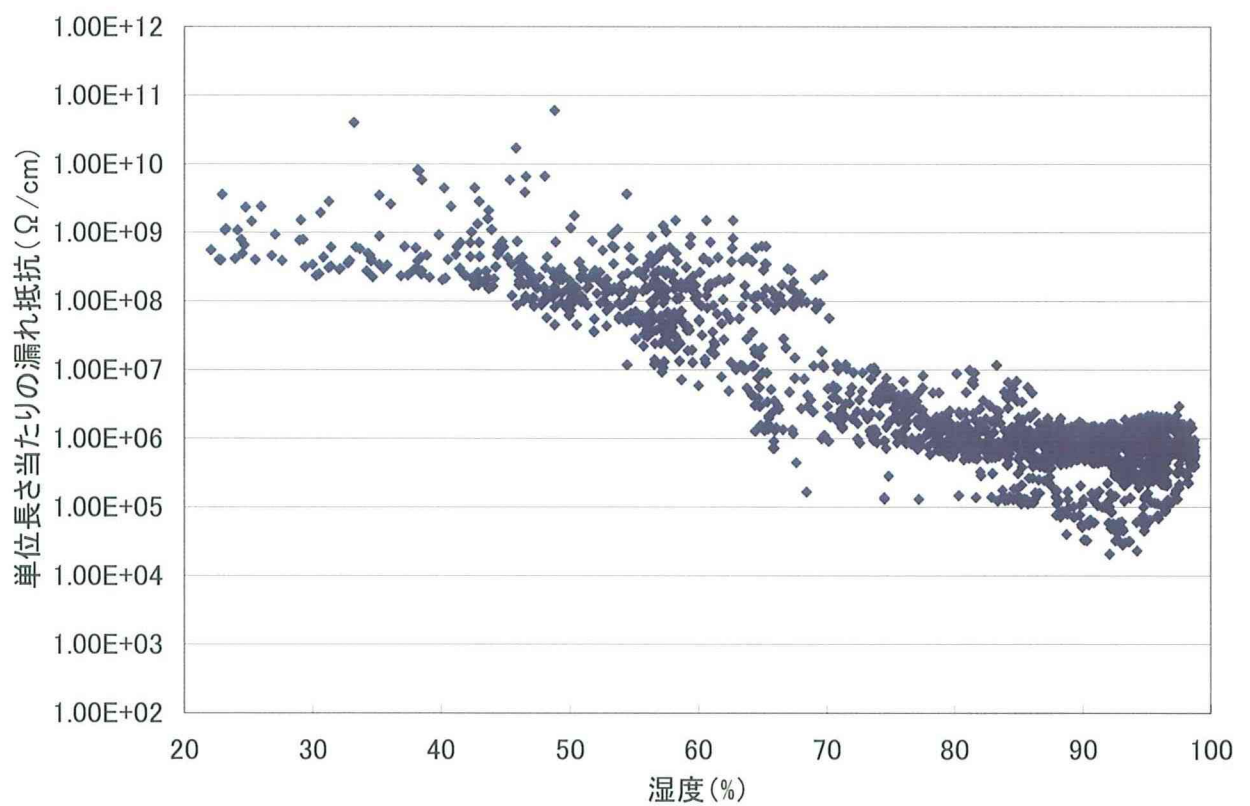


図74 RTV-RSがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

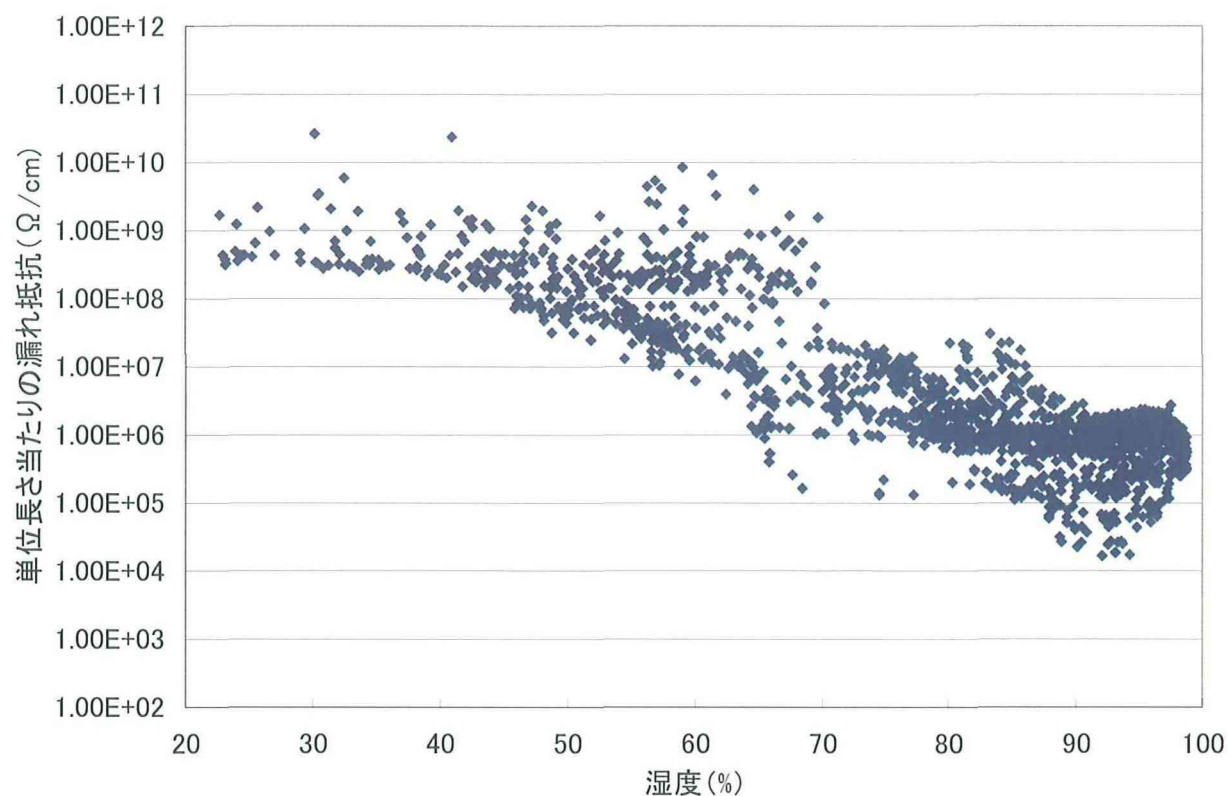


図75 HTV-RSがいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

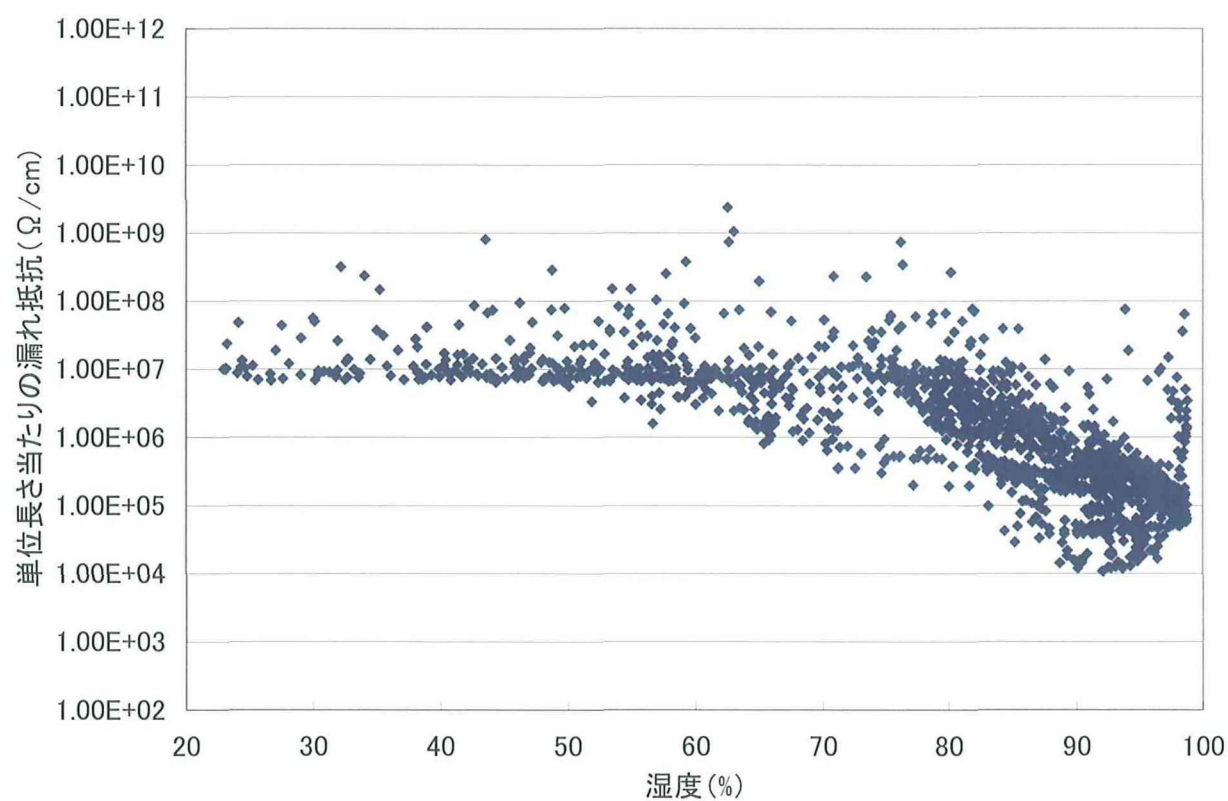


図76 耐塩がいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

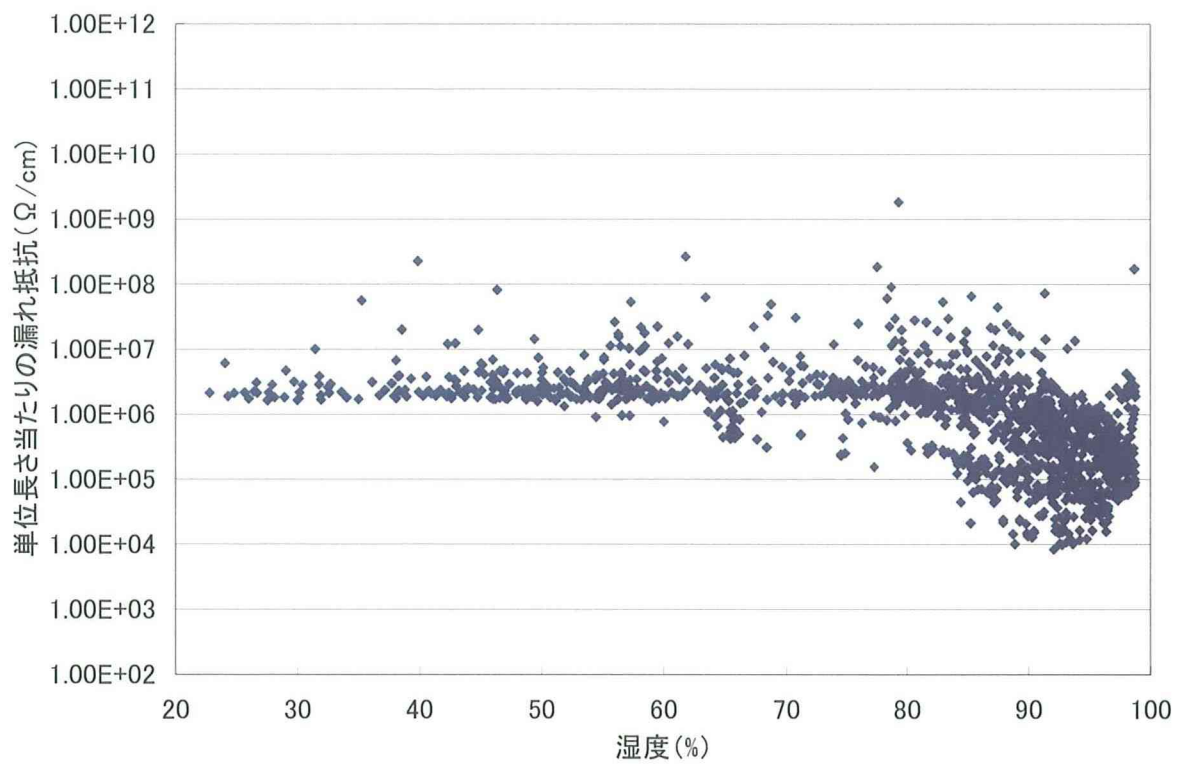
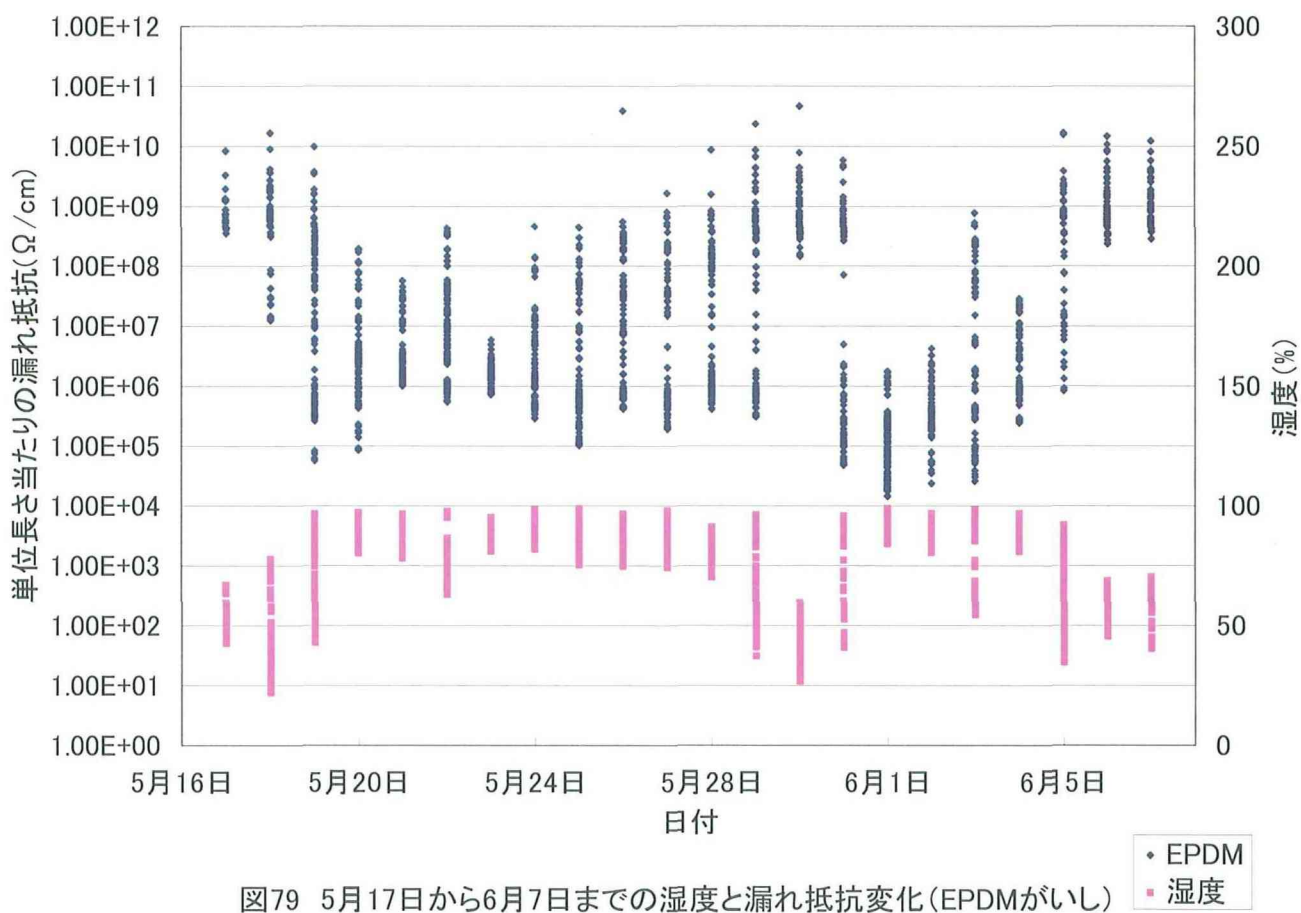
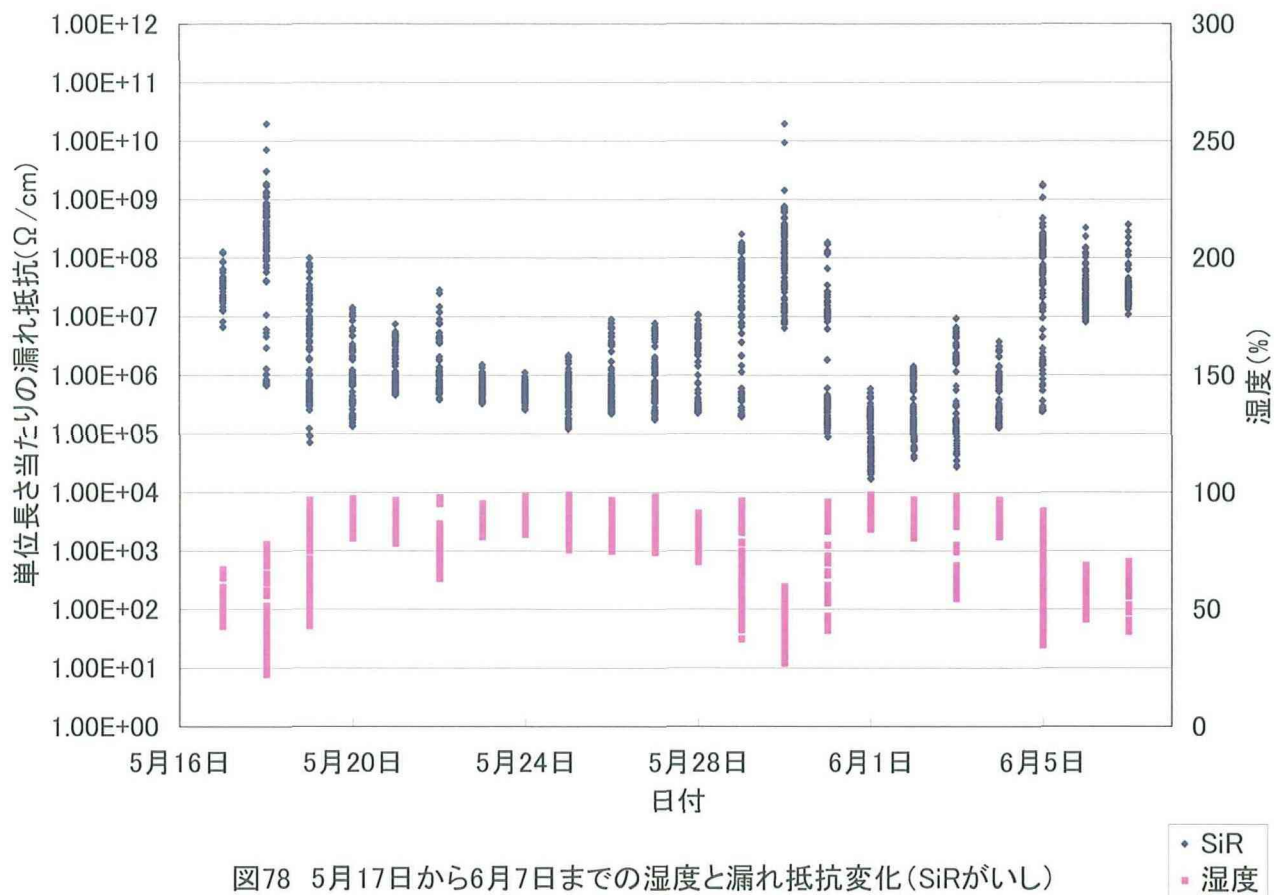


図77 標準がいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(5月)

(3) 1日の漏れ抵抗変化量と湿度変化量

図78から図86に各がいしの1日の湿度変化と単位長さ当たりの漏れ抵抗変化を示す。5月は、高湿度である日が多く漏れ抵抗値は低かった。アメダスデータから、5月19日、5月31日、6月1日、6月3日には降雨が記録されている。その時の各がいしの漏れ抵抗は、降雨を記録していない日に比べて低い値を示した。5月31日と6月1日は1時間当たりの雨量が多く、6月1日にすべてのがいしで漏れ抵抗値が最低を示した。これは、がいしの表面が雨によって濡れて、漏れ抵抗値が低下したと考えられる。シリコーン材質のSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしは、1日の漏れ抵抗変化が小さかった。しかし、EVAがいし、EPDMがいし、Porcelainがいし、耐塩がいし、標準がいしは、1日の漏れ抵抗変化が大きいので、シリコーン材質がいしに比べて絶縁性能が早く回復したと考えられる。



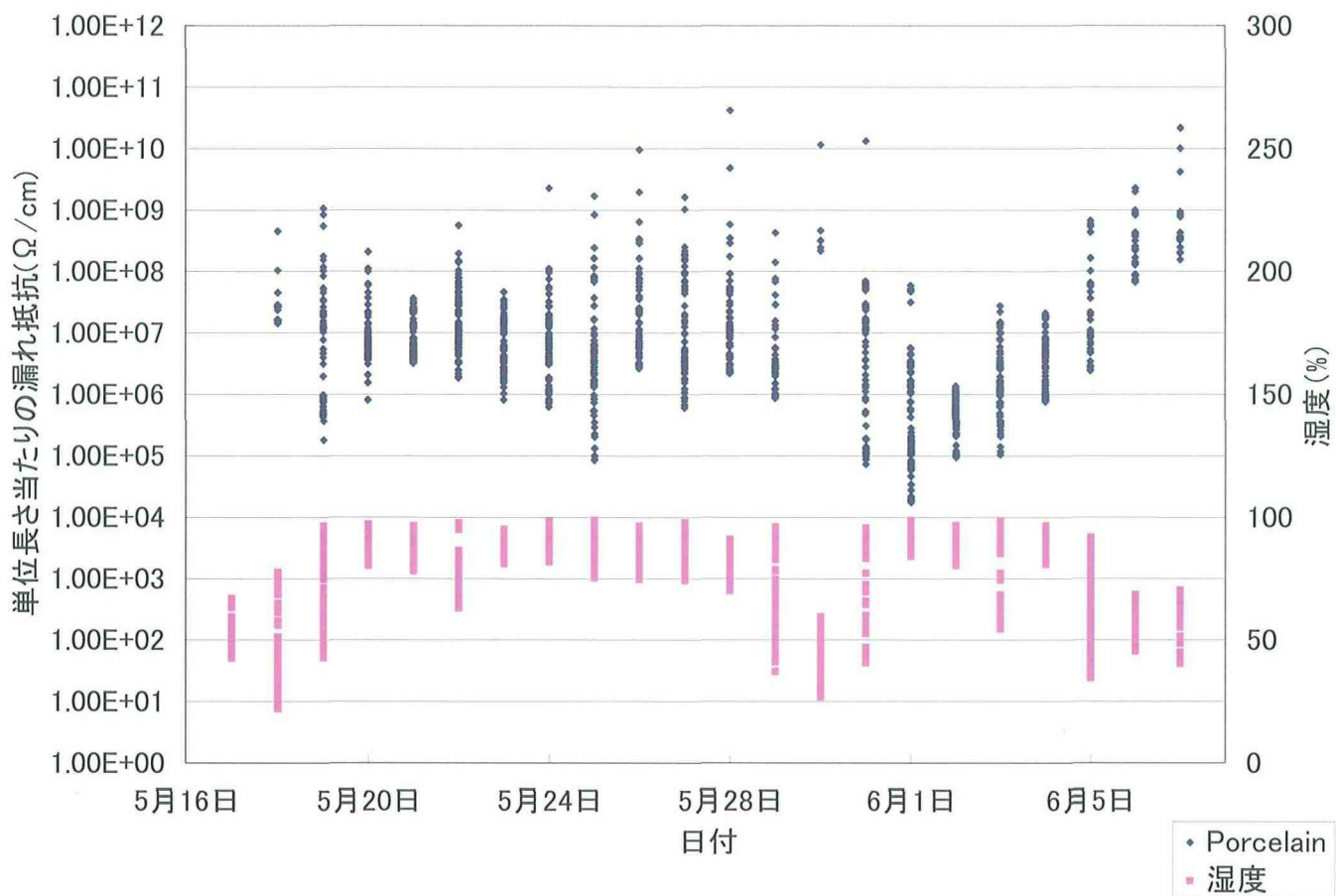


図80 5月17日から6月7日までの湿度と漏れ抵抗変化(Porcelainがいし)

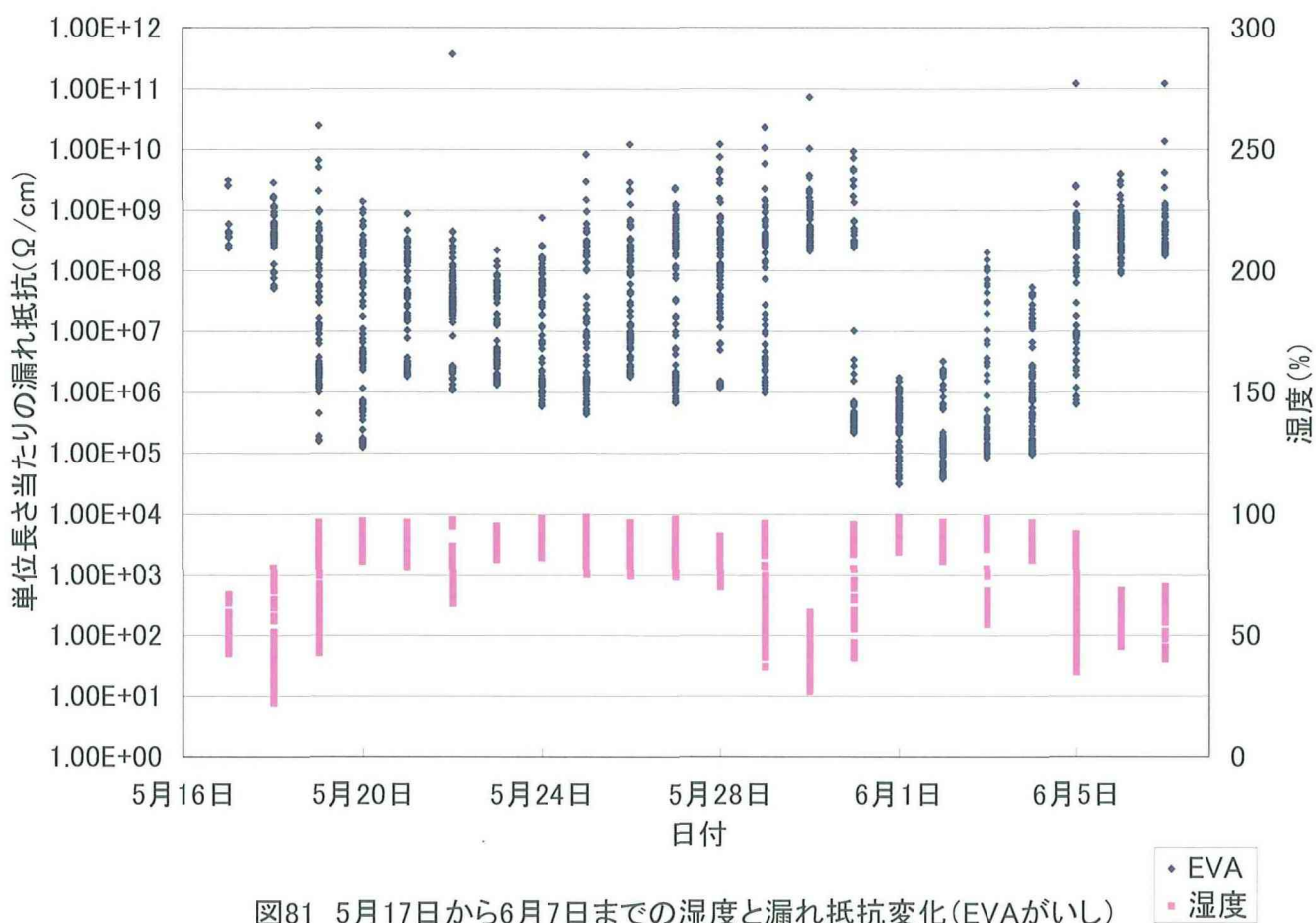


図81 5月17日から6月7日までの湿度と漏れ抵抗変化(EVAがいし)

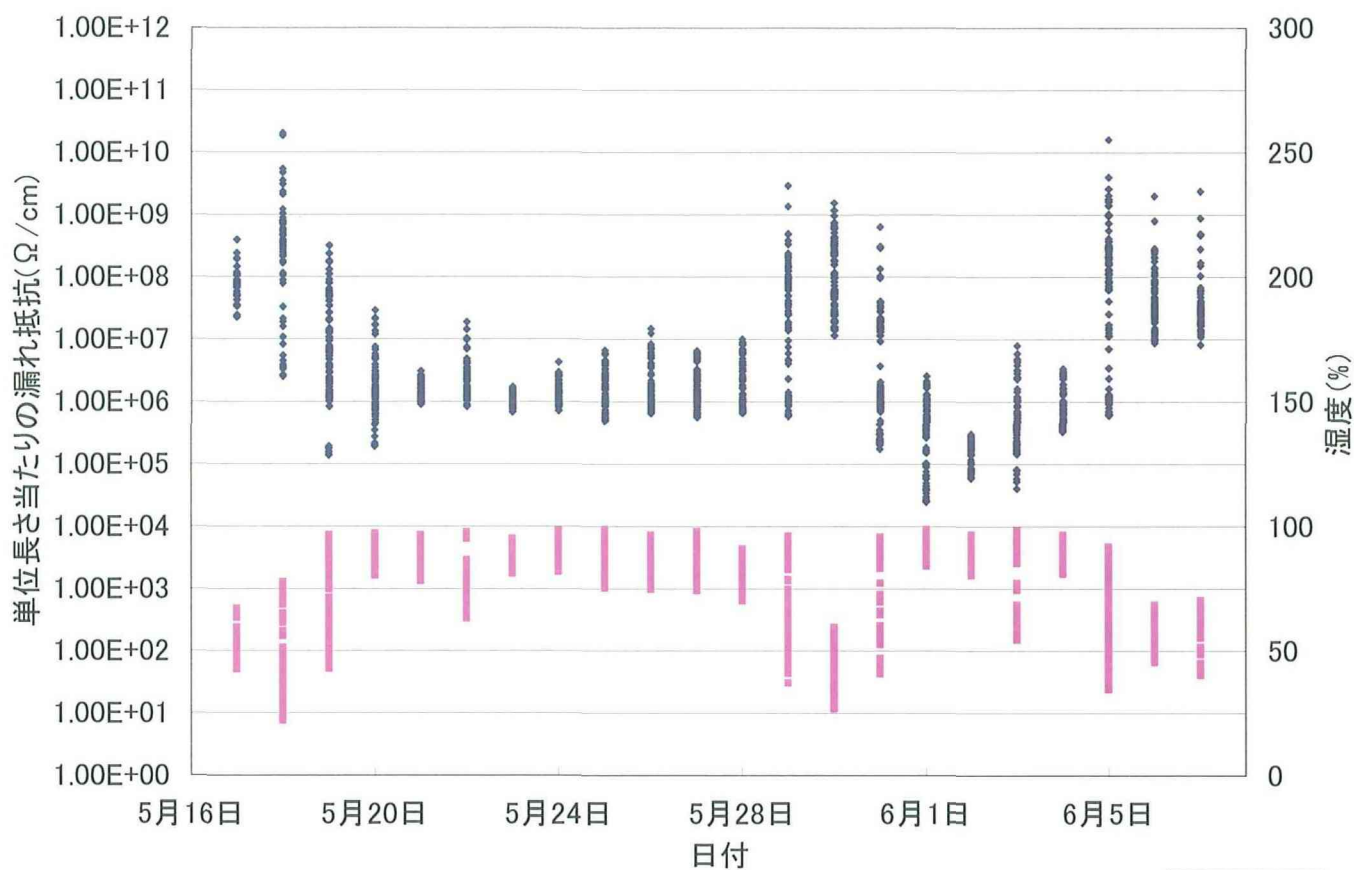


図82 5月17日から6月7日までの湿度と漏れ抵抗変化(HTV-ASがいし)

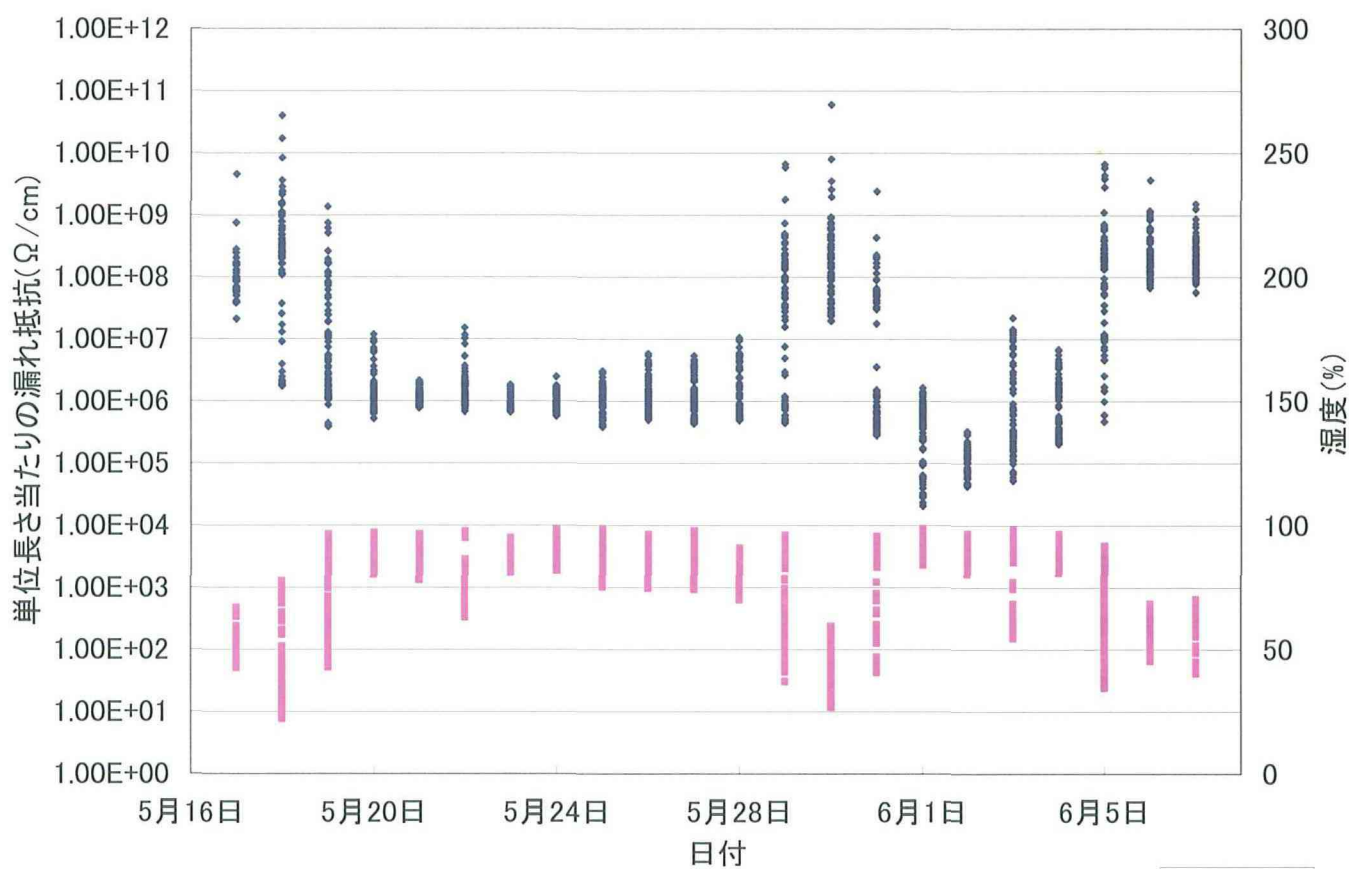
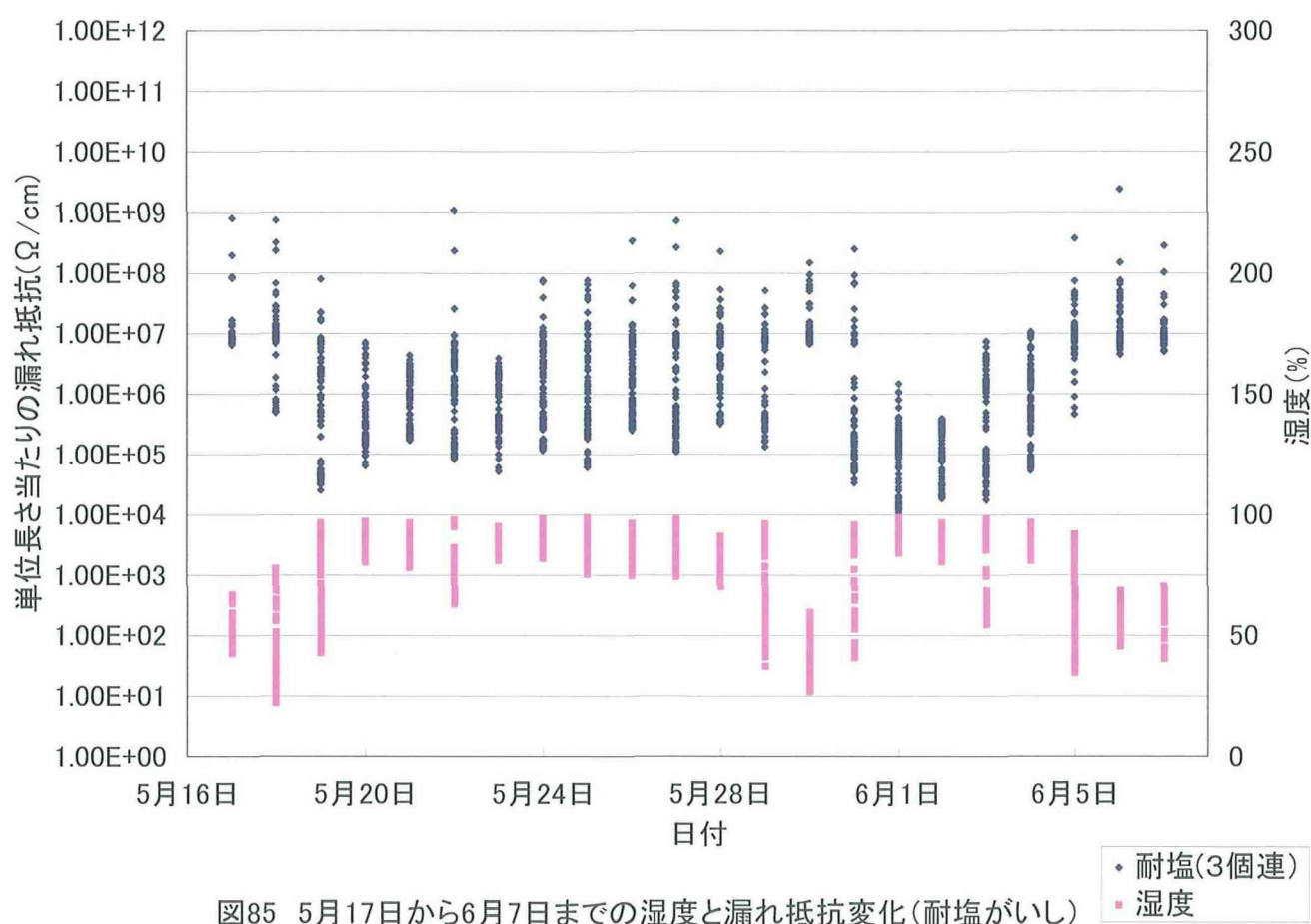
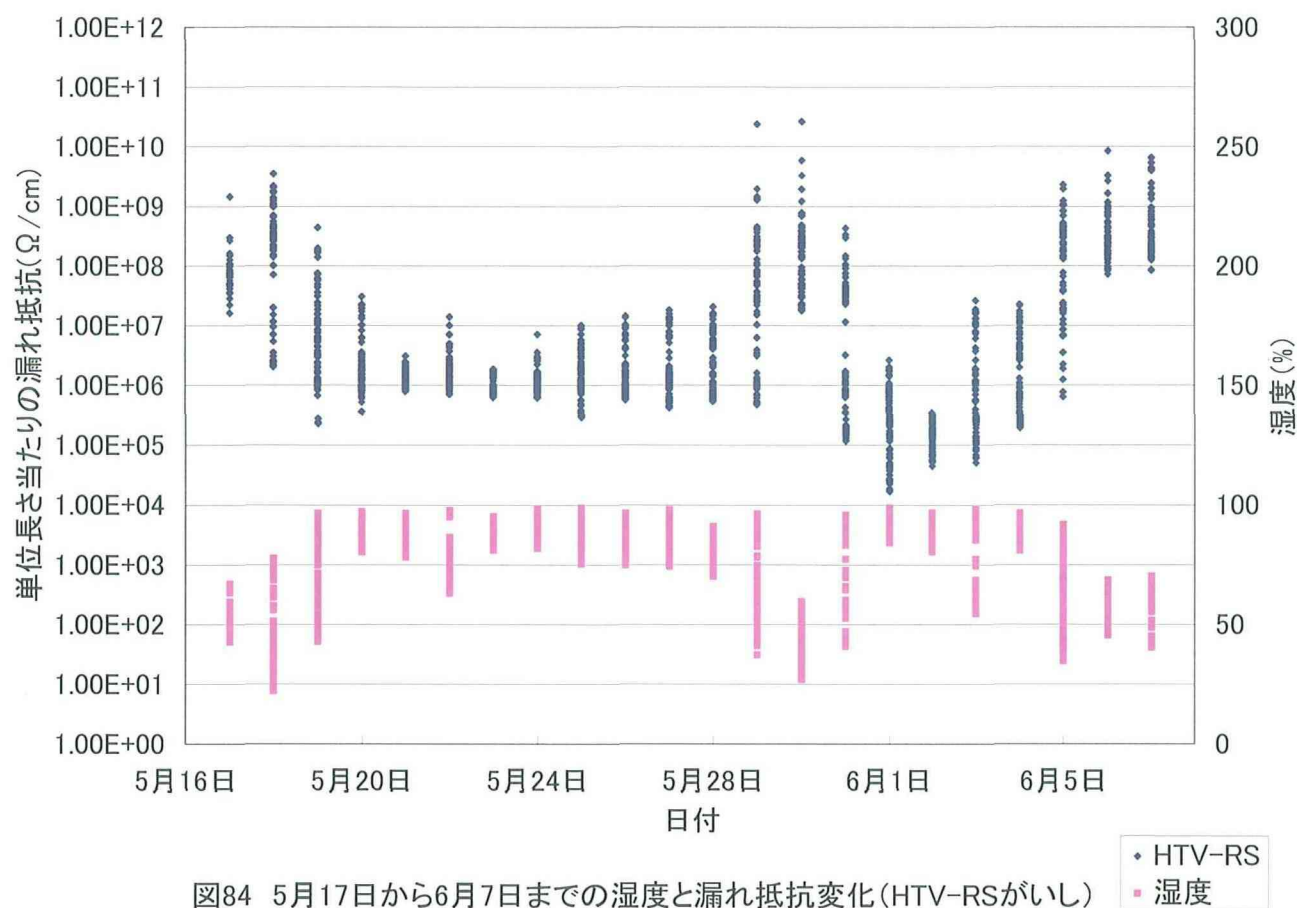
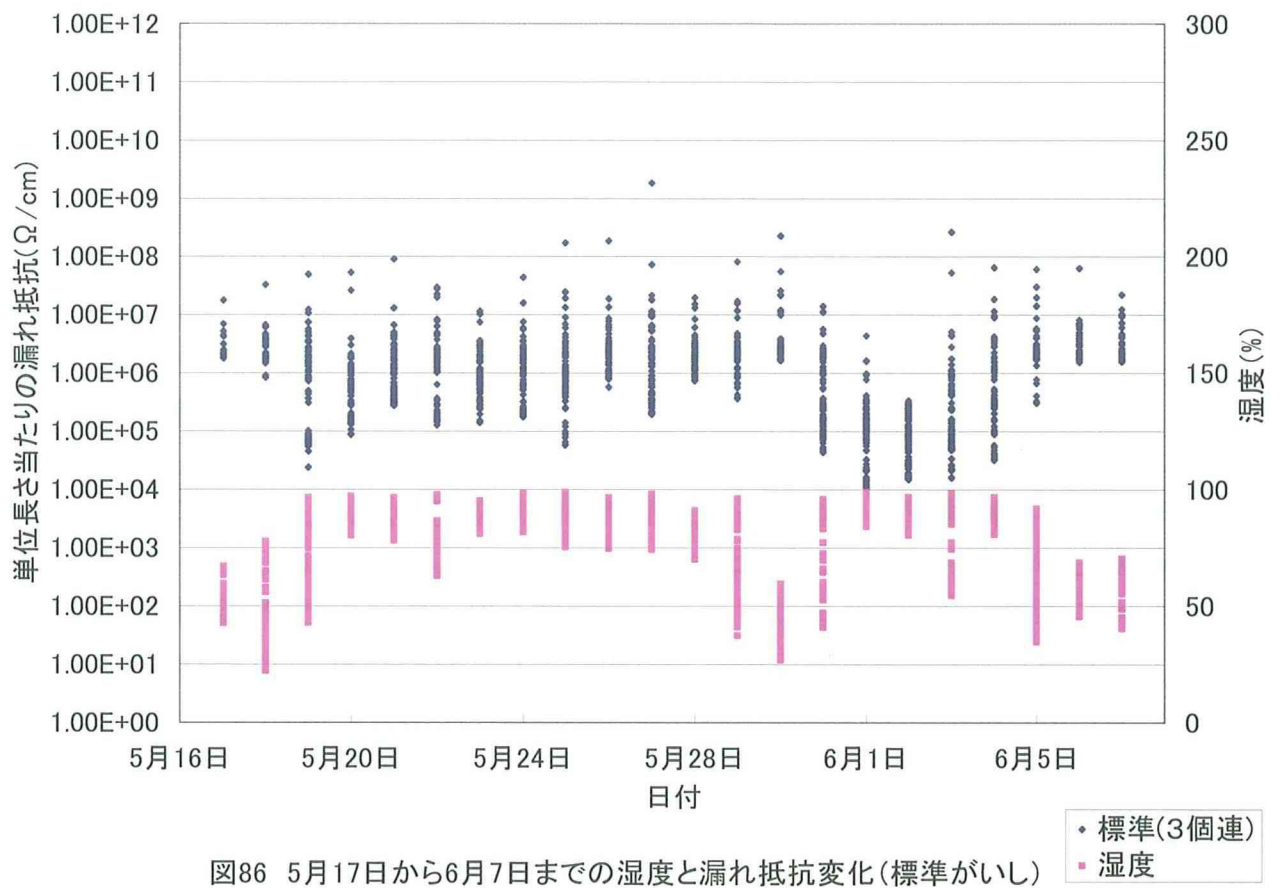


図83 5月17日から6月7日までの湿度と漏れ抵抗変化(RTV-RSがいし)





(4) 3日間の漏れ抵抗変化

図87から図89に、5月20日から5月22日までの漏れ抵抗変化を示し、図90から図92に6月で漏れ抵抗の低かった6月1日から6月3日までの漏れ抵抗変化を示す。図87から図92には、風速と湿度、さらに比較時の基準とした標準がいし(3個連)の漏れ抵抗を示した。それに加えて図87と図90にはSiRがいし、EPDMがいし、Porcelainがいし、EVAがいしの漏れ抵抗を示し、図88と図91には耐塩がいし(3個連)の漏れ抵抗を示し、図89と図92にはHTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗を示した。図87から、5月19日の雨によって漏れ抵抗が低下した後、Porcelainがいしの絶縁性能が早く回復するとわかった。標準がいしや耐塩がいしは、雨が降っても漏れ抵抗変化が小さかった。これは2-5-2節で述べたようにがいしの笠下面にリブがあるために水滴がリブで止まり、下面が絶縁性を保っているので漏れ抵抗が大きく低下しなかったと考えられる。図87から図92より、SiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしは、ほぼ同じ漏れ抵抗値を示した。HTVがいしで、段違笠と同径笠の笠形状により漏れ抵抗は変化しなかった。EVAがいし、EPDMがいしは低湿度の時には絶縁性は高いが、高湿度になると大きく漏れ抵抗が低下した。図90から図92などより、漏れ抵抗値が低下したのは、雨が降り、風が強い時であったと考えられる。

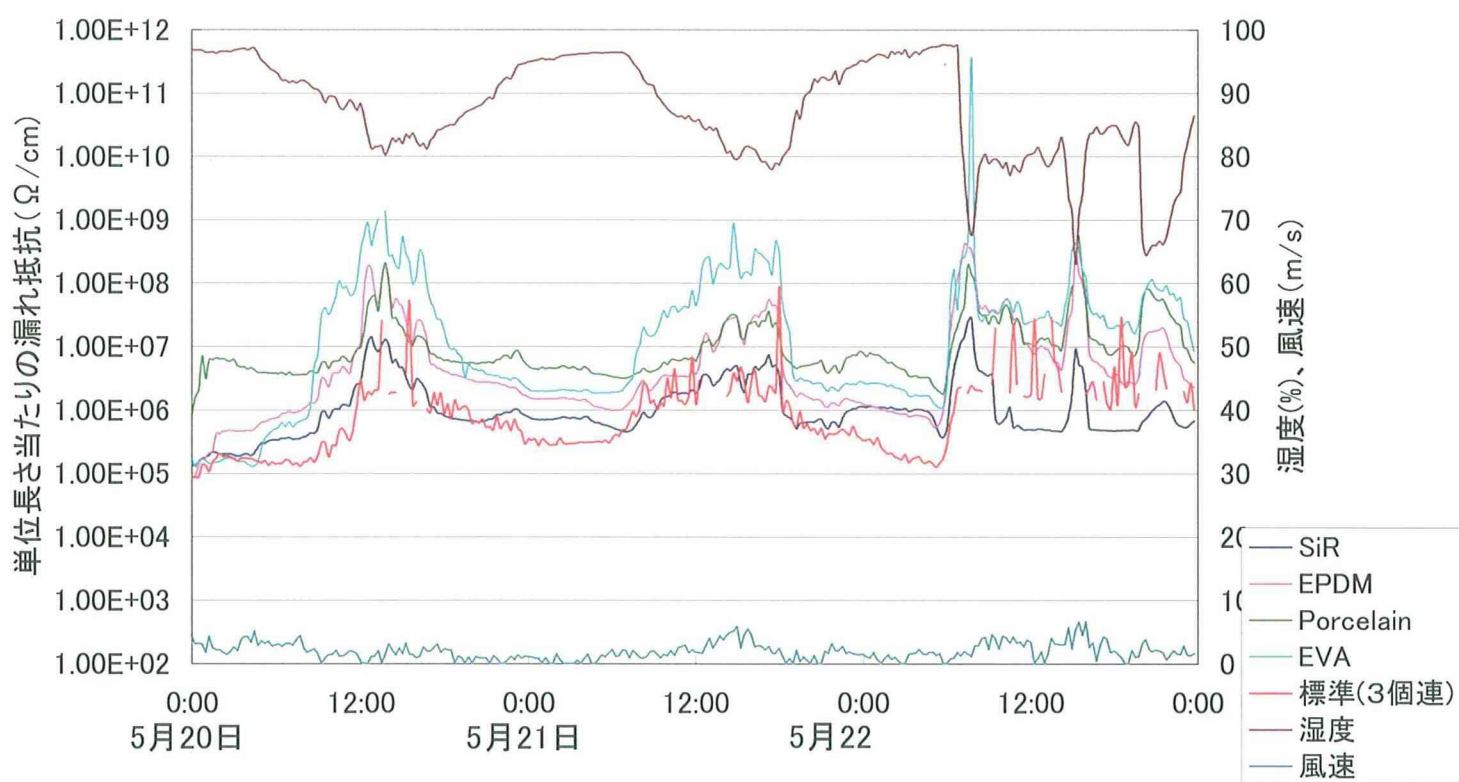


図87 5月20日から5月22日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(1)

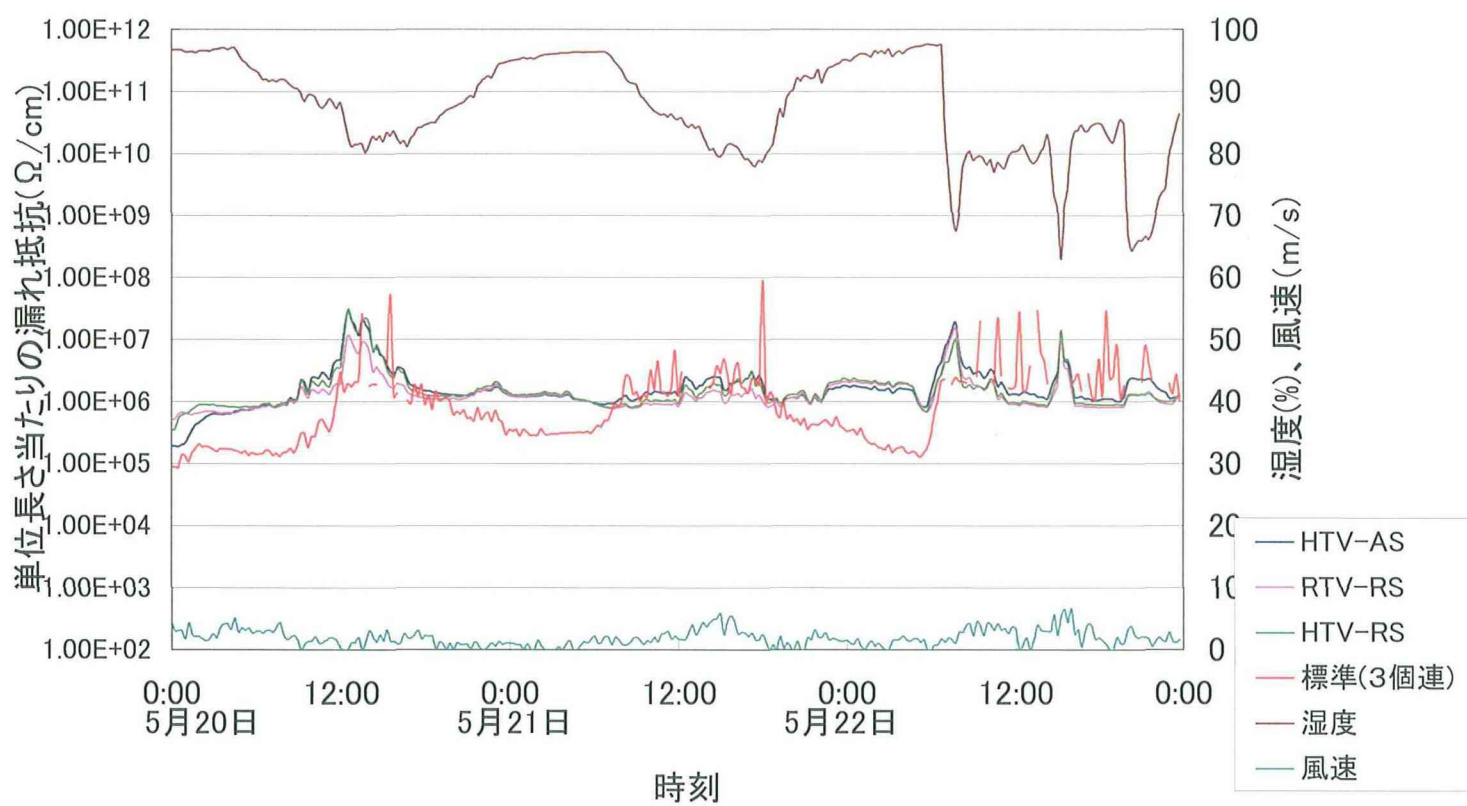


図88 5月20日から5月22日の単位長さ漏れ当たりの抵抗(2)

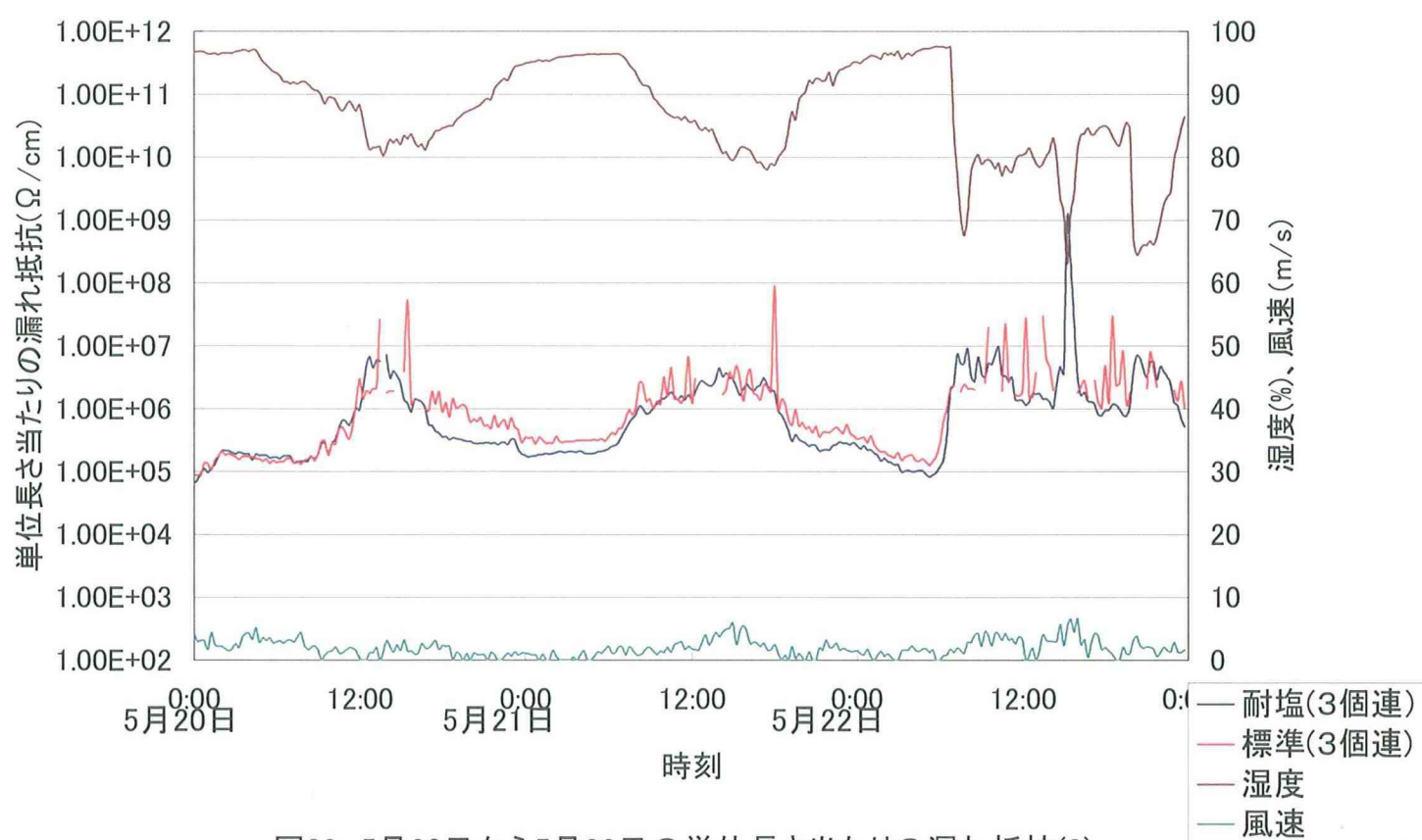


図89 5月20日から5月22日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(3)

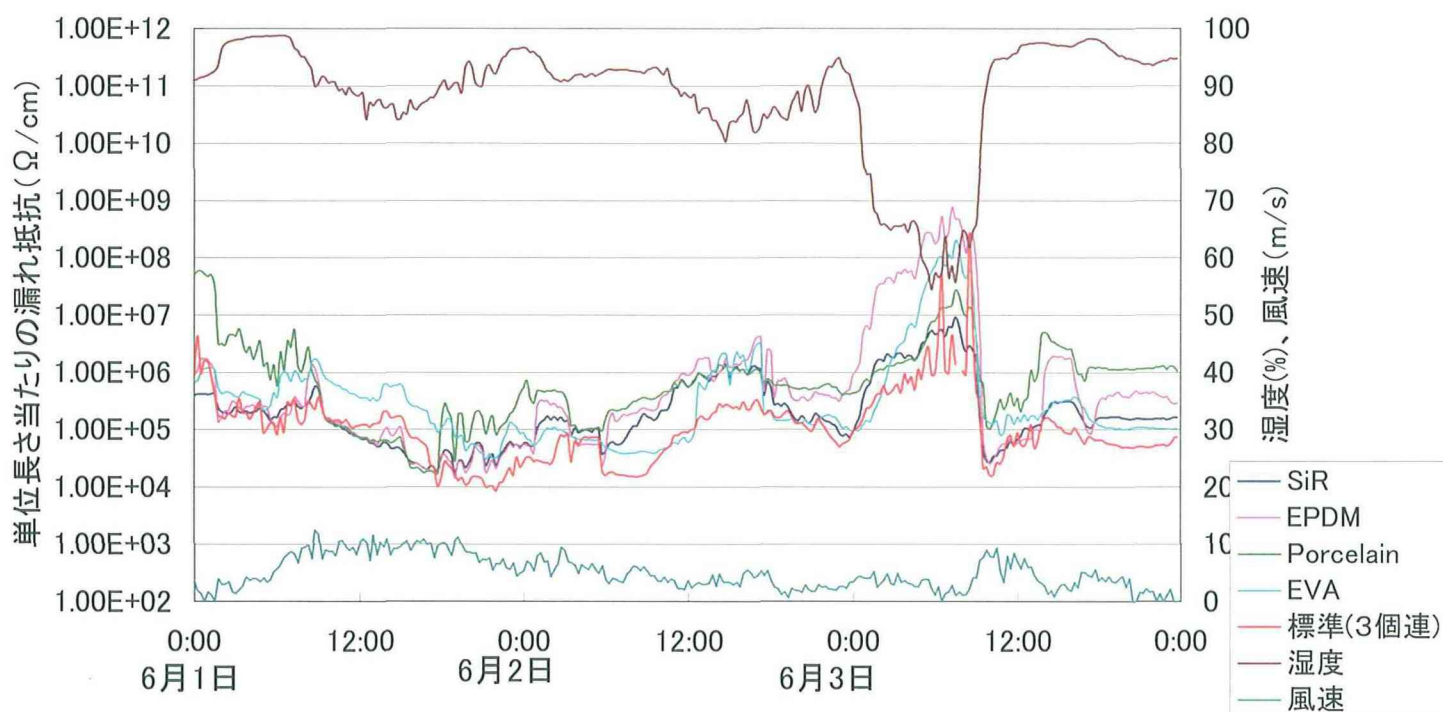


図90 6月1日から6月3日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(1)

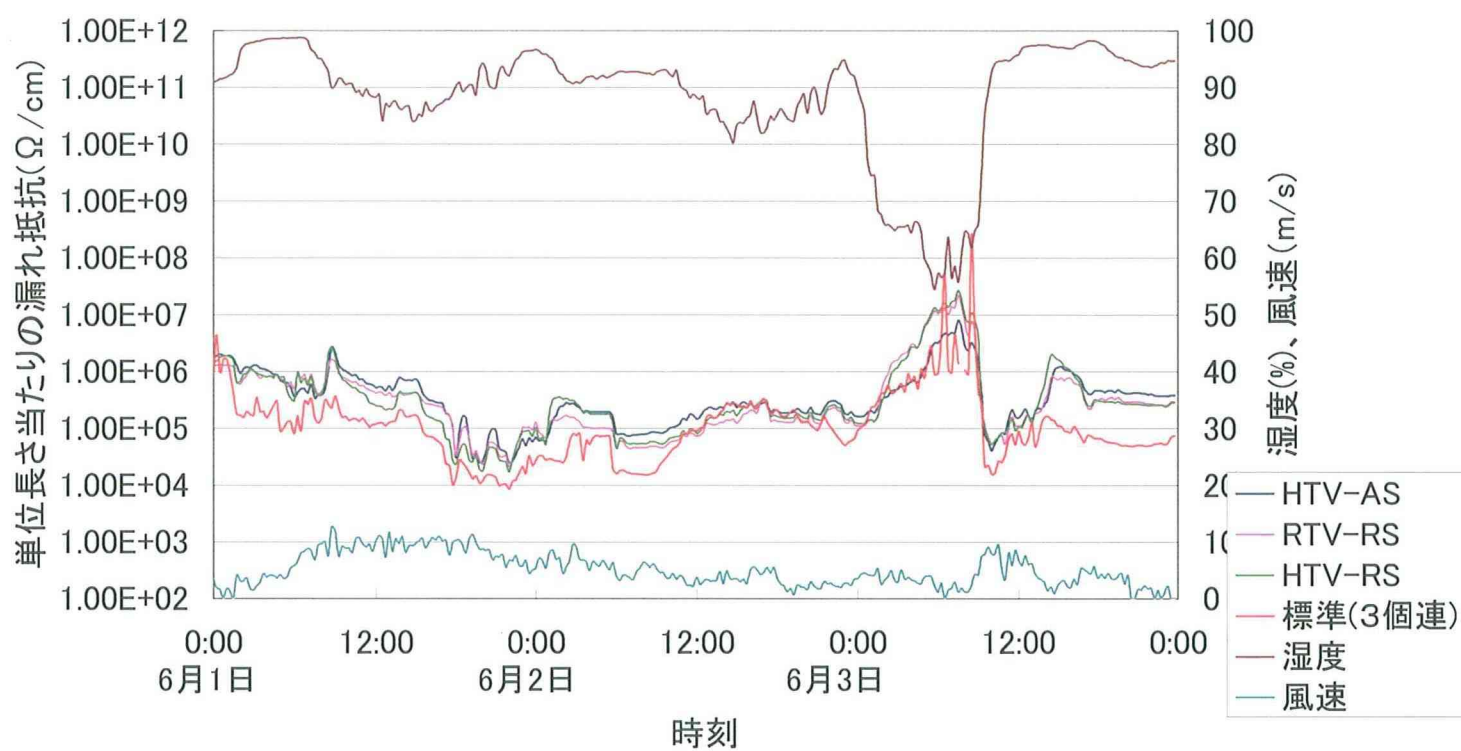


図91 6月1日から6月3日の単位長さ漏れ当たりの抵抗(2)

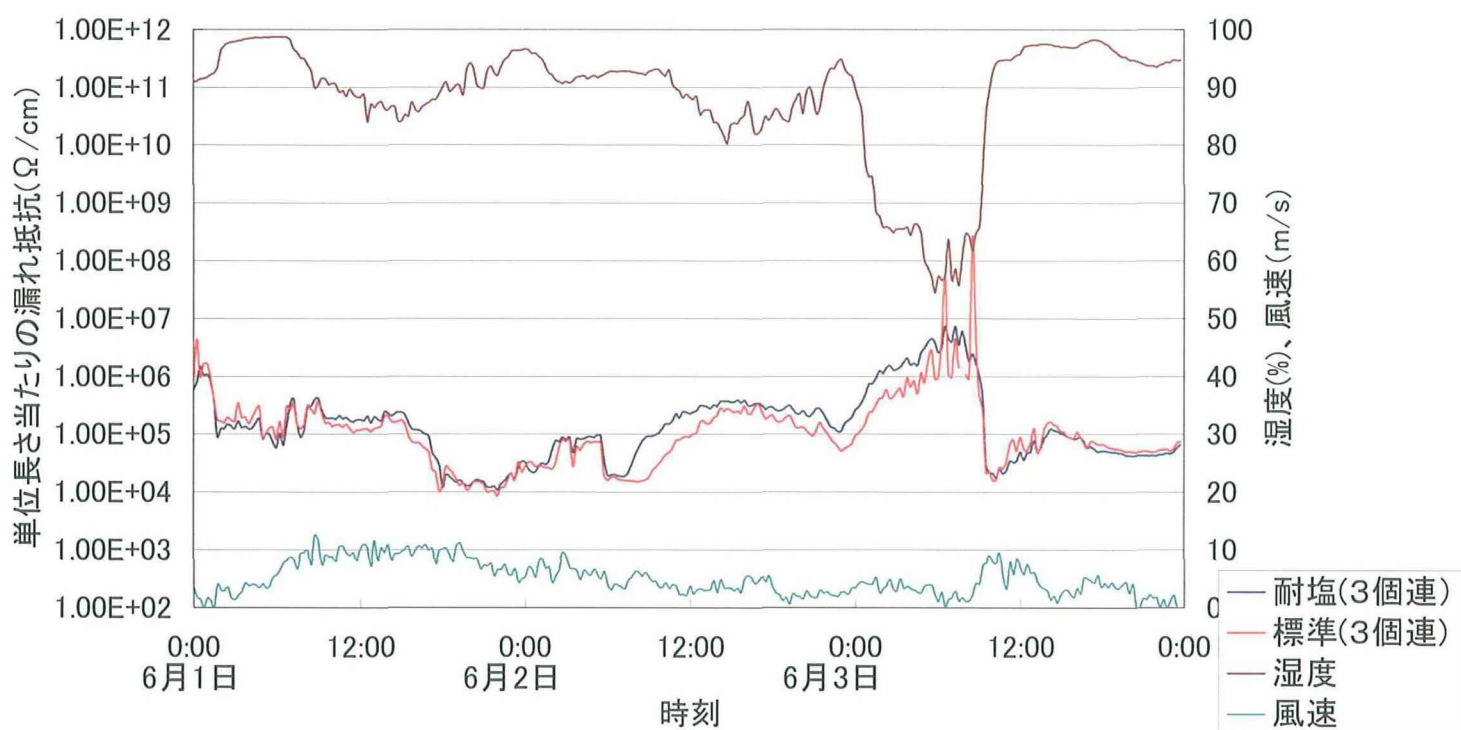


図92 6月1日から6月3日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(3)

2-5-5 11月測定時の気象環境

3月と同じように図93は、11月の風向に対する風速を示す。図94は11月の風速の割合を示す。図93と図94から、11月は海からの強い西風が多いことが判る。図95は、2-5-1節と同じように風向を朝9時から18時と、18時から9時に分けて示した。図96は、1日の各時刻に対する風向を示した。図95と図96から、11月は季節風の影響が大きく、夜間は東風と西風が1：1の割合で、日中はほぼ西風であることがわかる。図97は、11月の風向に対する湿度を示した。図98は、11月の1ヶ月間の相対湿度の割合を示した。11月の後半は降雪があり、大地が雪で覆われていた。また、11月後半には、季節風の影響で風が強い日があった。

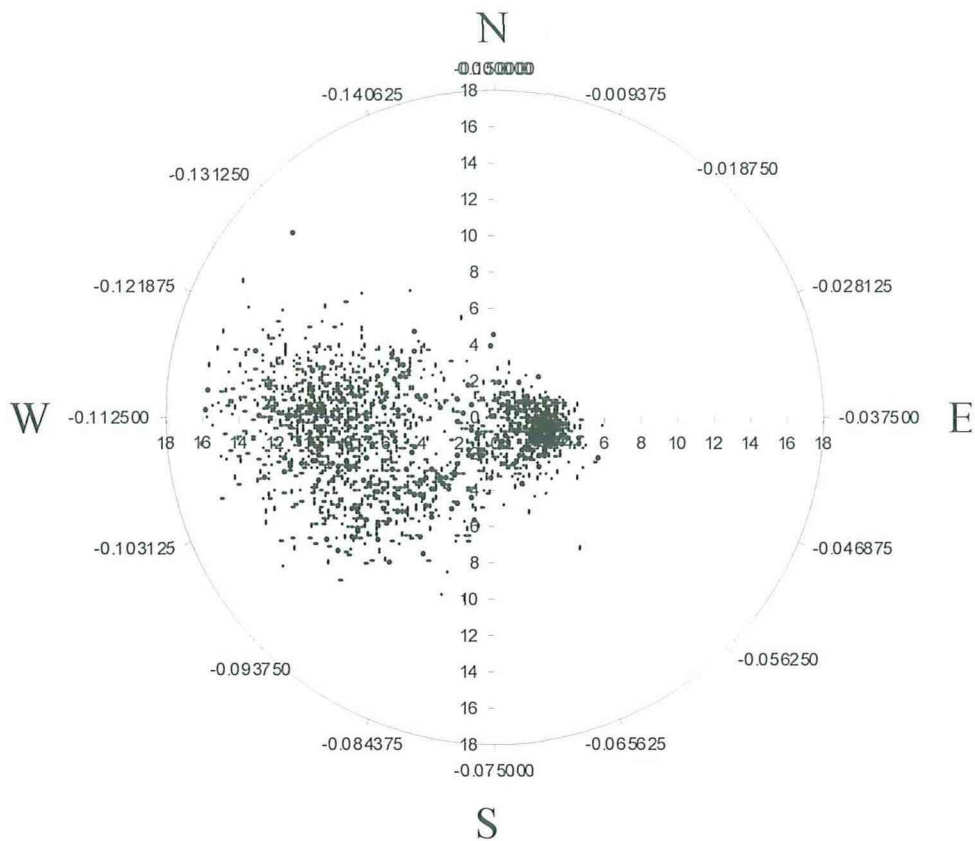


図93 11月の風速vs風向

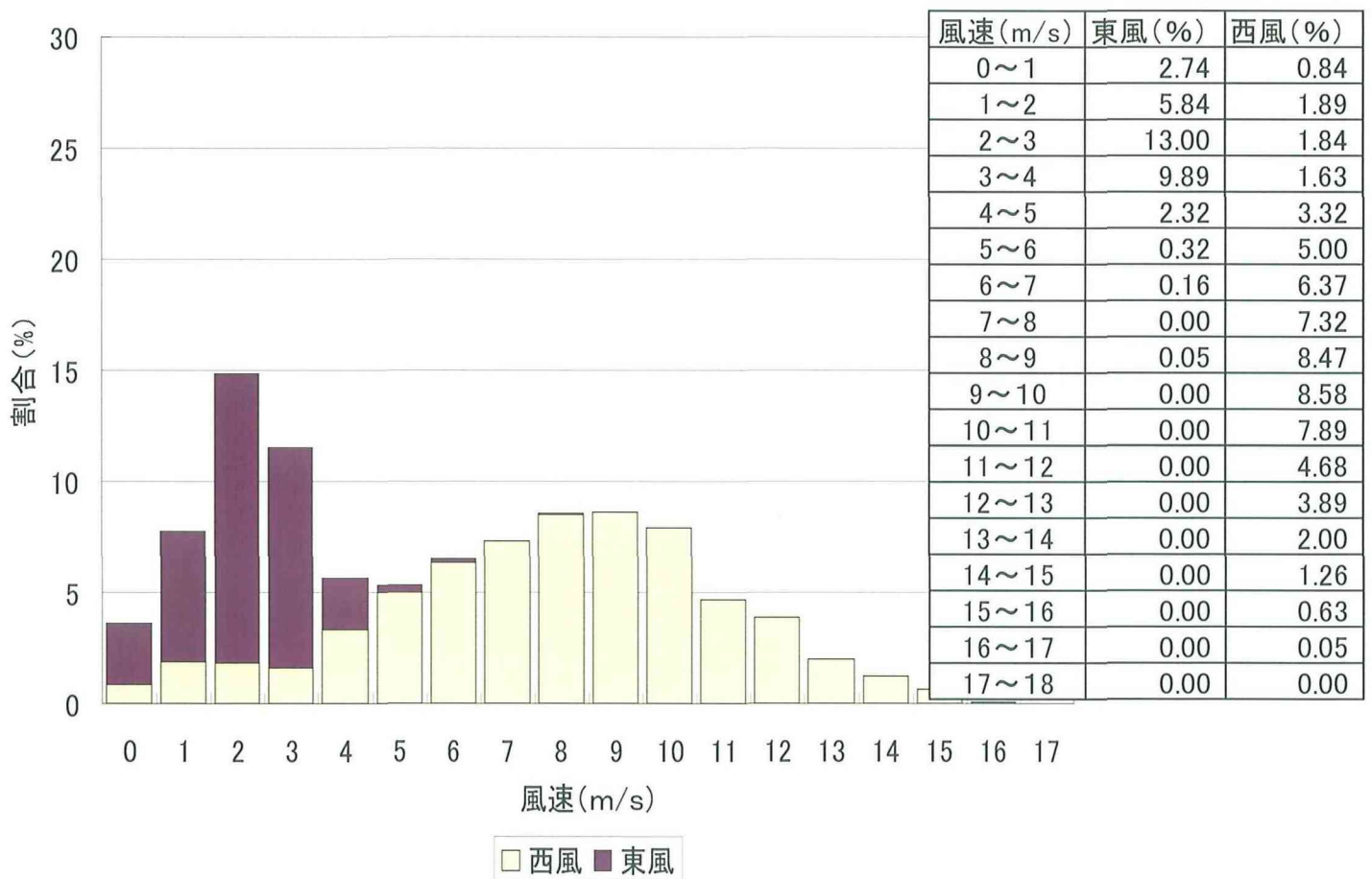


図94 11月の風速割合

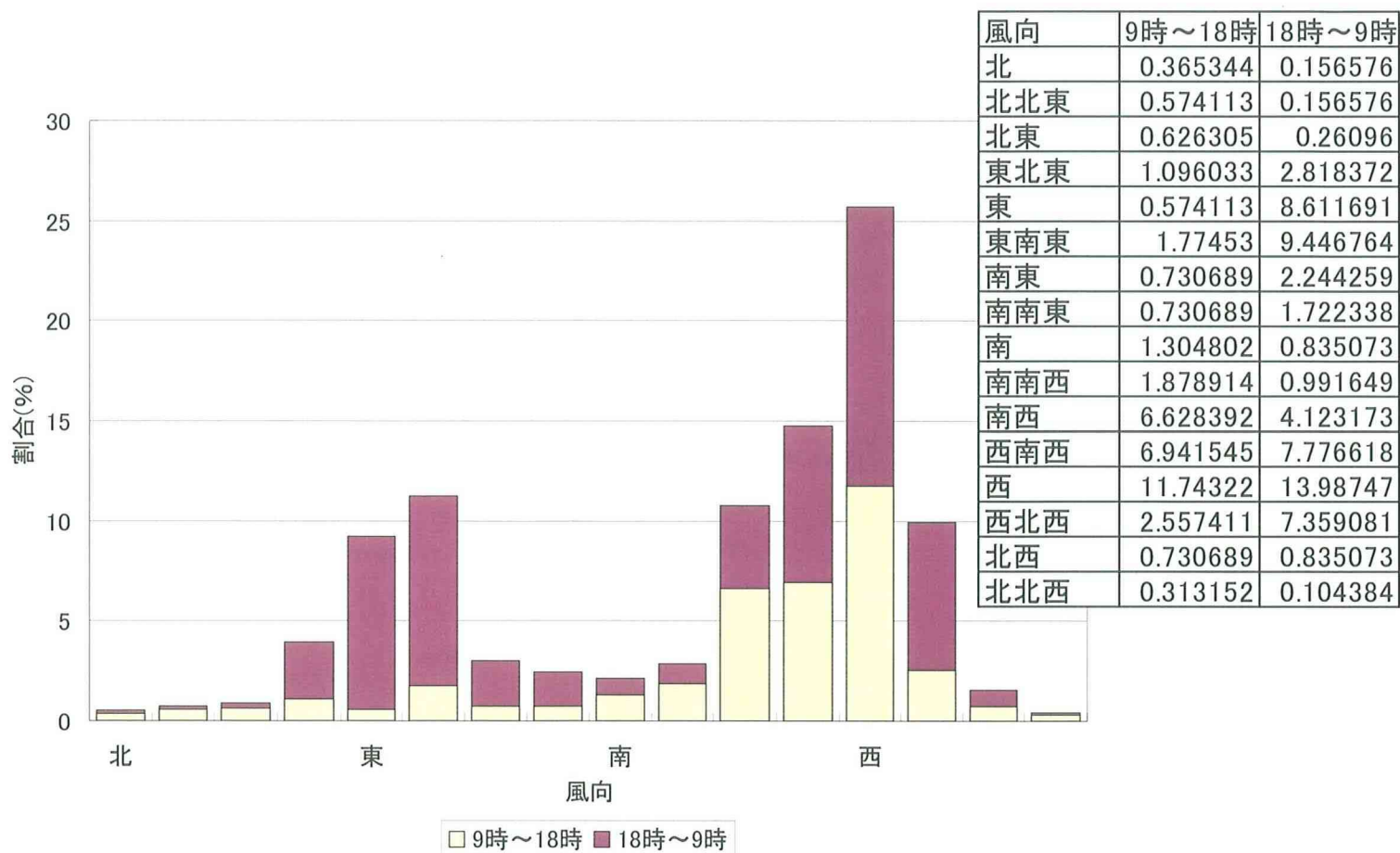


図95 11月の風向割合

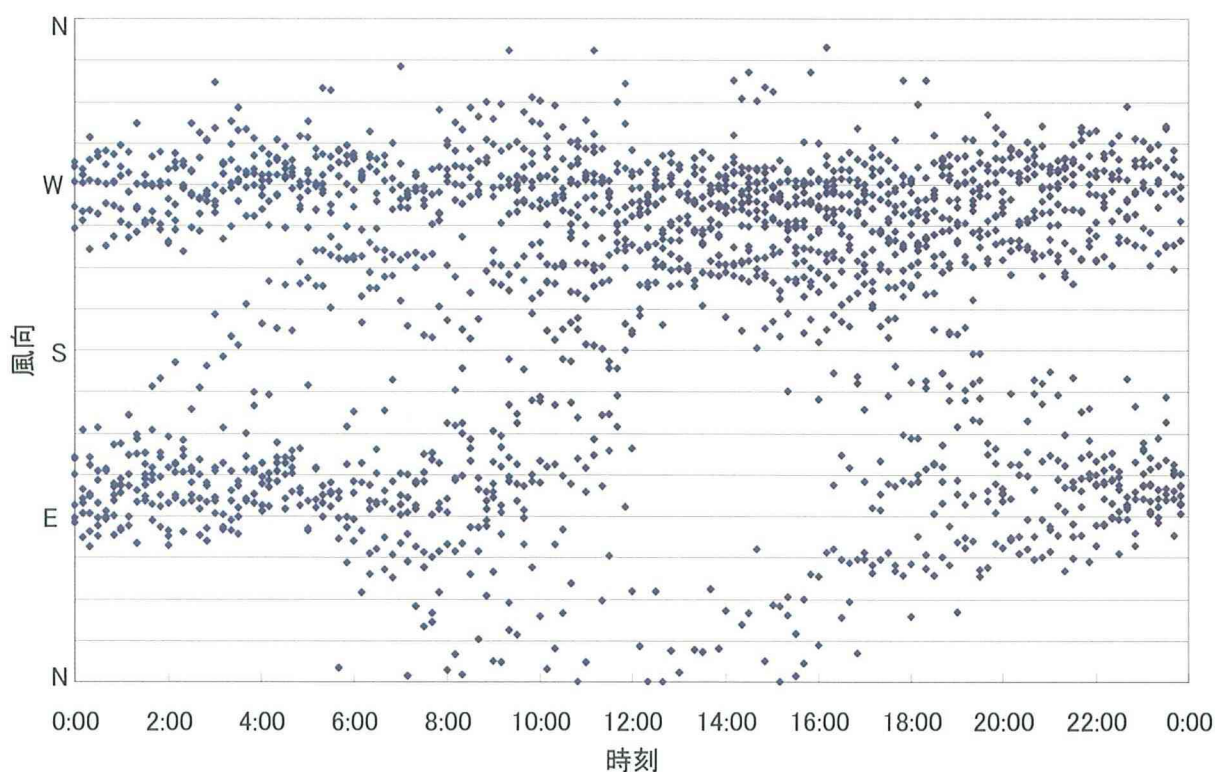


図96 11月の風向と時刻

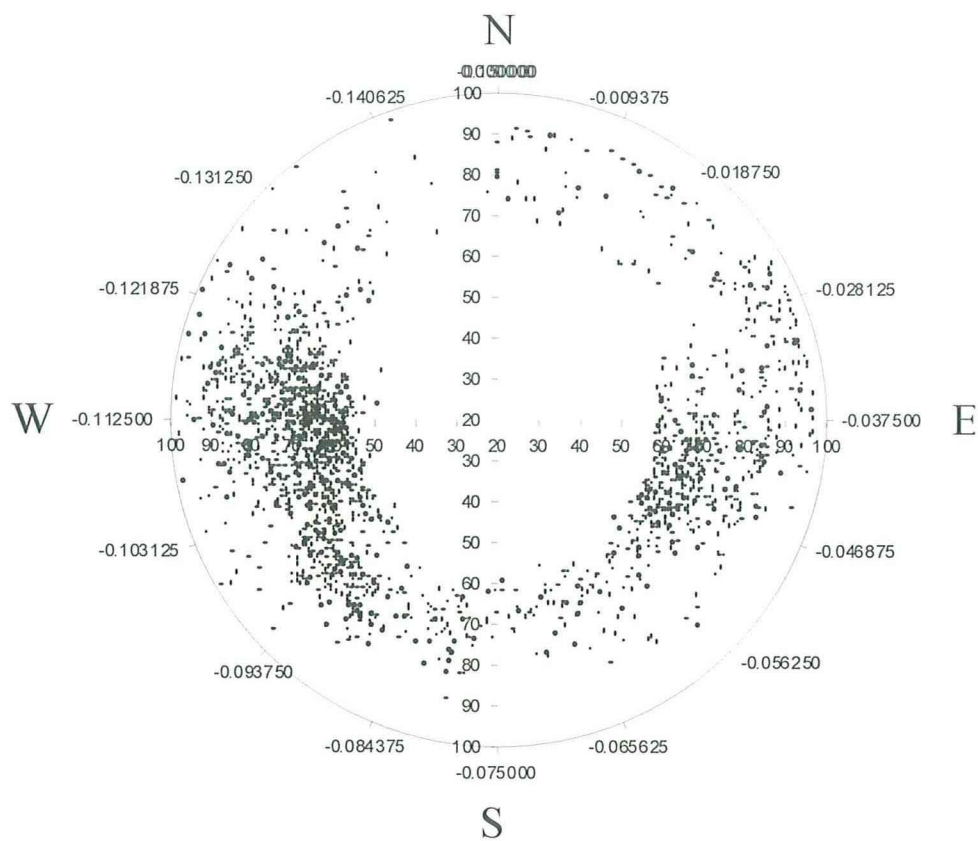


図97 11月の湿度vs風向

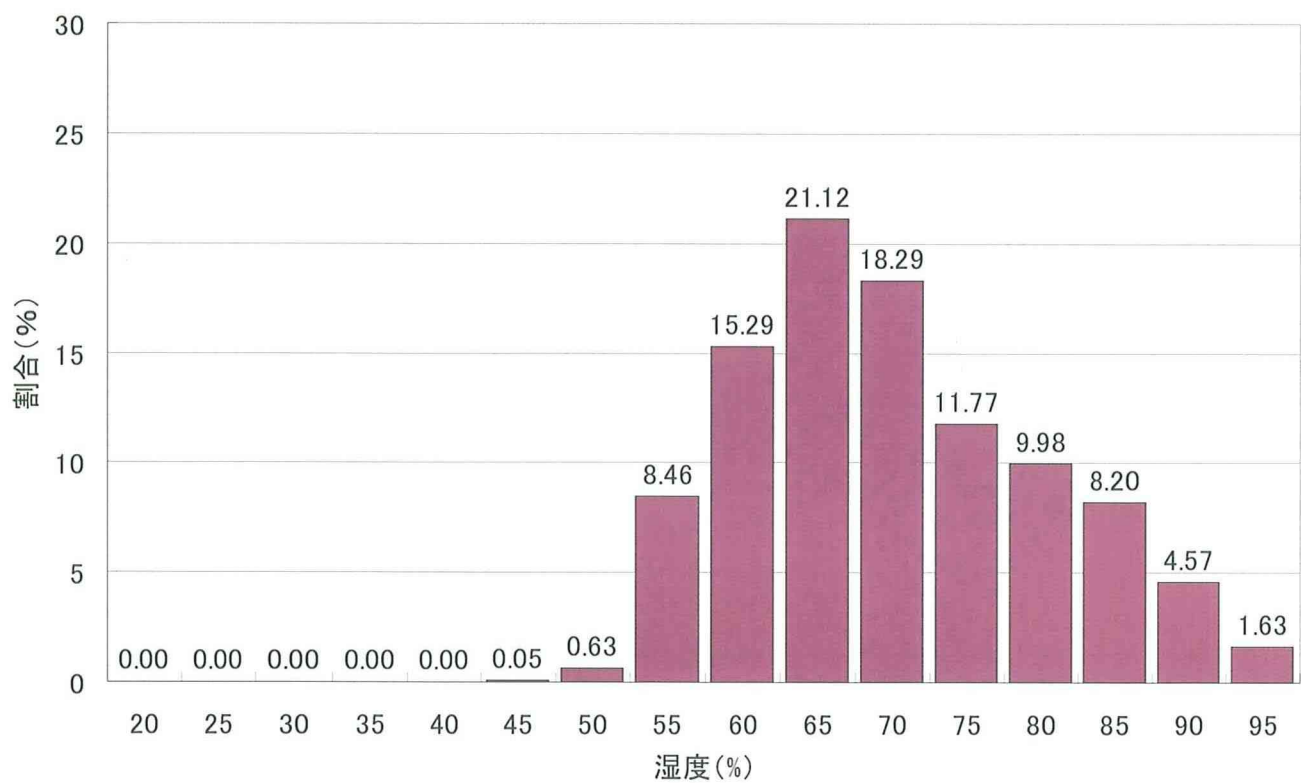


図98 11月1ヶ月間の湿度割合

2-5-6 気象と漏れ抵抗（11月）

（1）風向と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係

図99から図109までは11月の各がいしの風向に対する単位長さ当たりの漏れ抵抗を示す。11月は季節風により西風が多いので、漏れ抵抗の測定点も西に偏った。東風に比べ、西風の時に漏れ抵抗が低いことがわかる。表3のようにPorcelainがいし、HI-ASがい管、HI-RSがい管は、西風で強風が吹いている時に最低値を示した。SiRがいしは、西風で雨が降っている時に最低値を示した。EPDMがいし、EVAがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、耐塩がいし、標準がいしは、ほぼ無風状態の時、最低値を示した。これは気温が -1°C 位の日中であつたので雪が解け、漏れ抵抗が低下したものと考えられる。材質が異なっても、風向と漏れ抵抗の関係に大きな違いは見られなかった。

表3. 各がいしの漏れ抵抗の最低値と風向(11月)

SiRがいし	4.71E+03	0.093599	南西	6.14	10.95
EPDMがいし	4.57E+03	0.004733	-	0.00	-1.26
Porcelainがいし	3.04E+03	0.111575	西	15.39	-2.65
EVAがいし	3.24E+03	0.142761	北北西	1.91	-1.40
HTV-ASがいし	5.28E+03	0.000020	-	0.00	-1.33
RTV-RSがいし	7.38E+03	0.004733	-	0.00	-1.26
HTV-RSがいし	5.09E+03	0.004306	北	1.86	-1.20
耐塩がいし	2.90E+03	0.011671	北北東	1.36	-1.44
標準がいし	2.11E+03	0.004733	-	0.00	-1.26
HI-ASがい管	2.28E+03	0.118465	西北西	13.98	0.69
HI-RSがい管	3.02E+03	0.115076	西	13.22	0.11

（風速が0 m/sの16方位は-とした。）

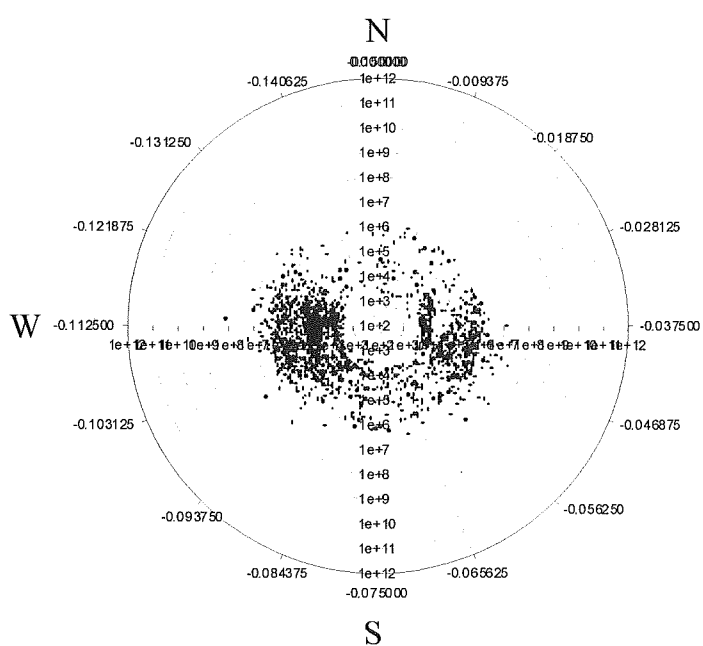


図99 標準懸垂がいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

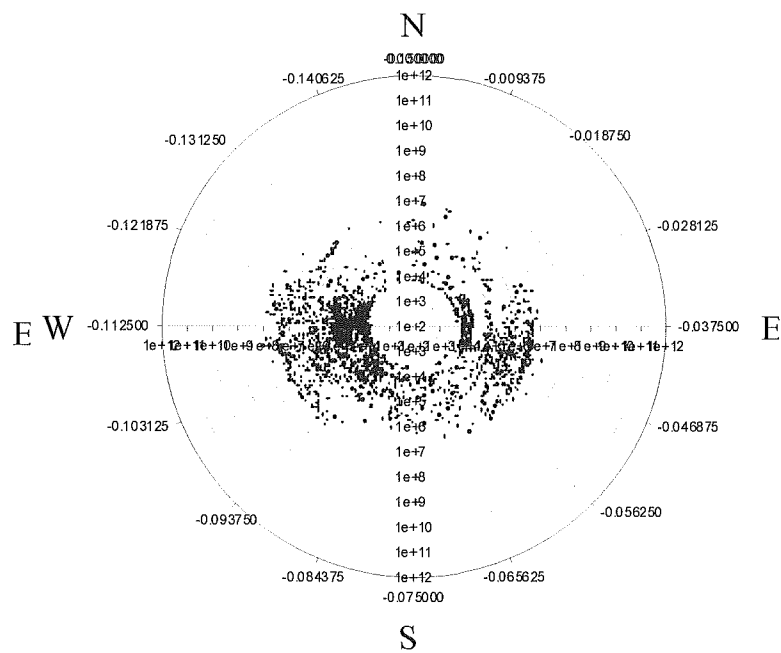


図100 SiRの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

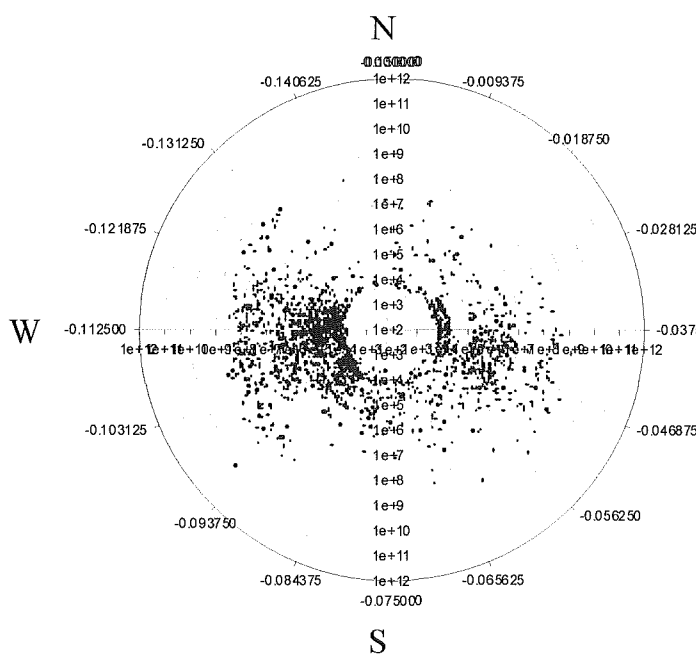


図101 EPDMの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

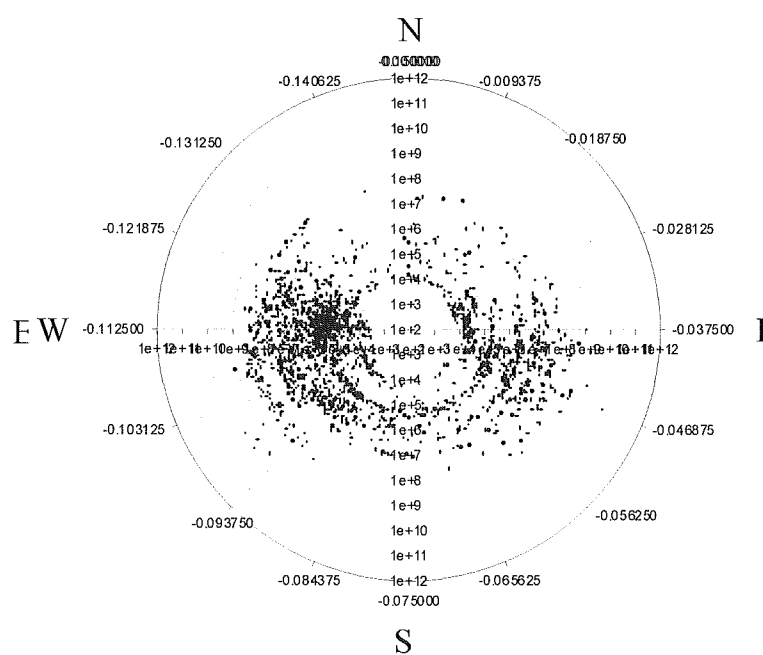


図102 Porcelainの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

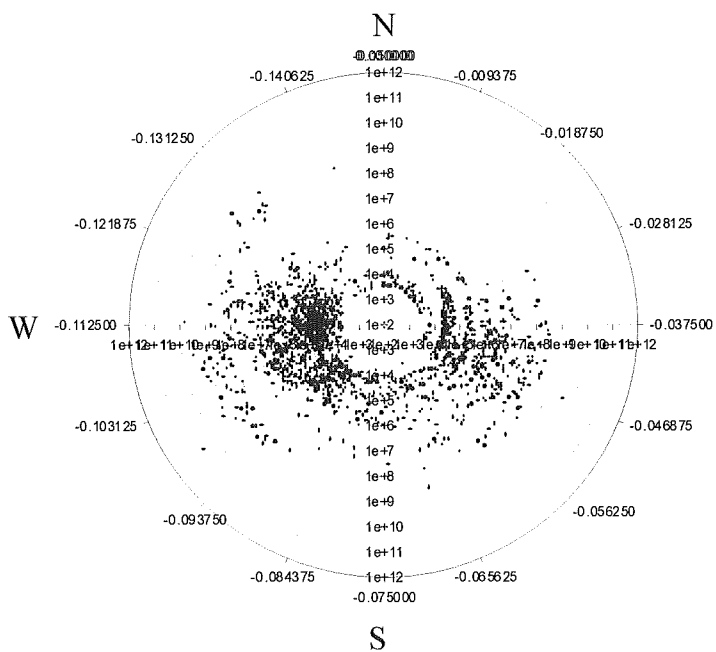


図103 EVAの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

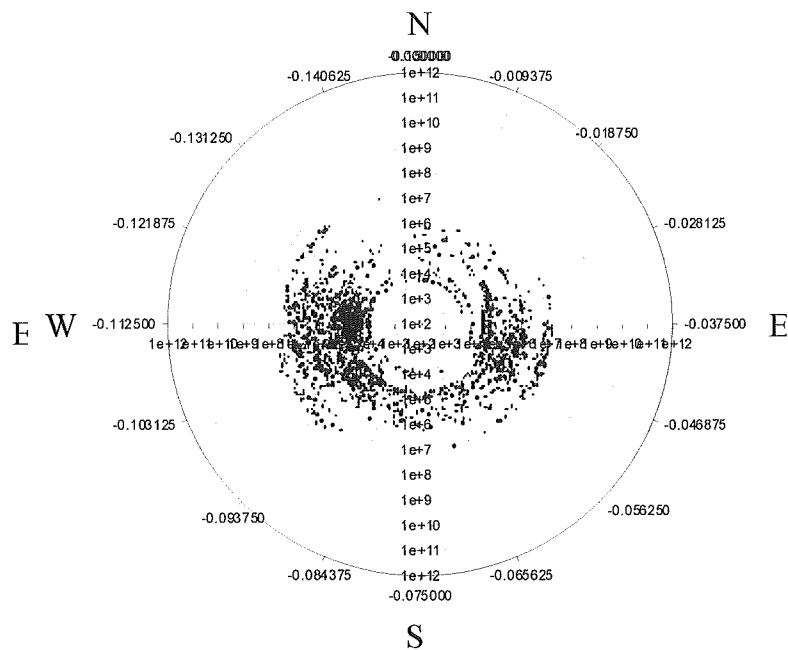


図104 HTV-ASがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

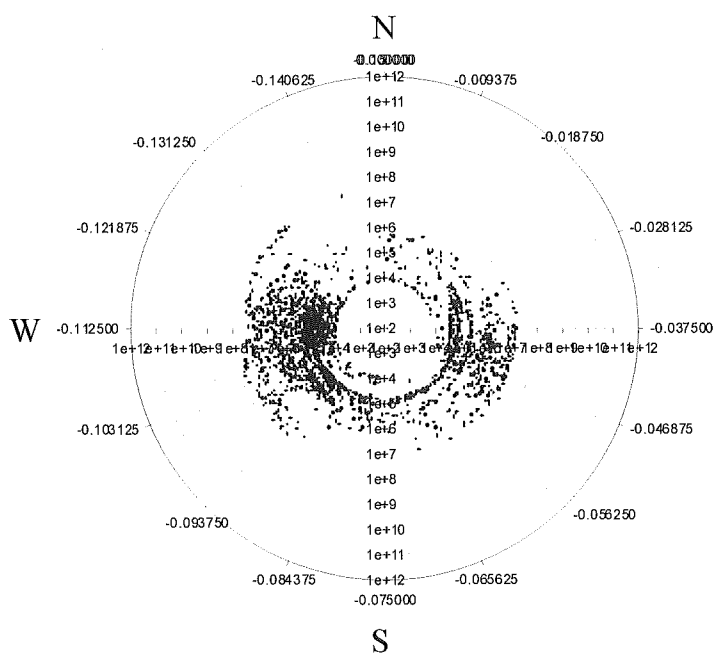


図105 RTV-RSがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向

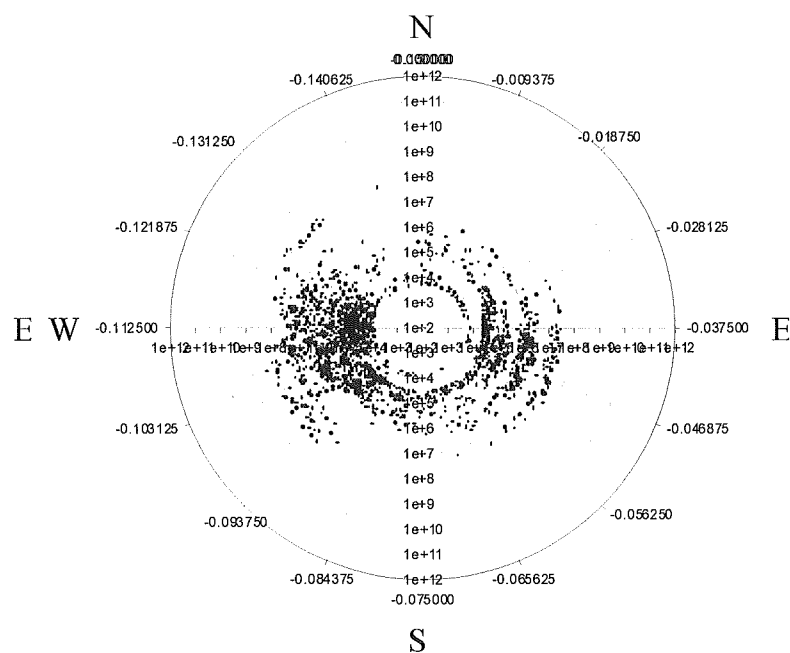


図106 HTV-RSがいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

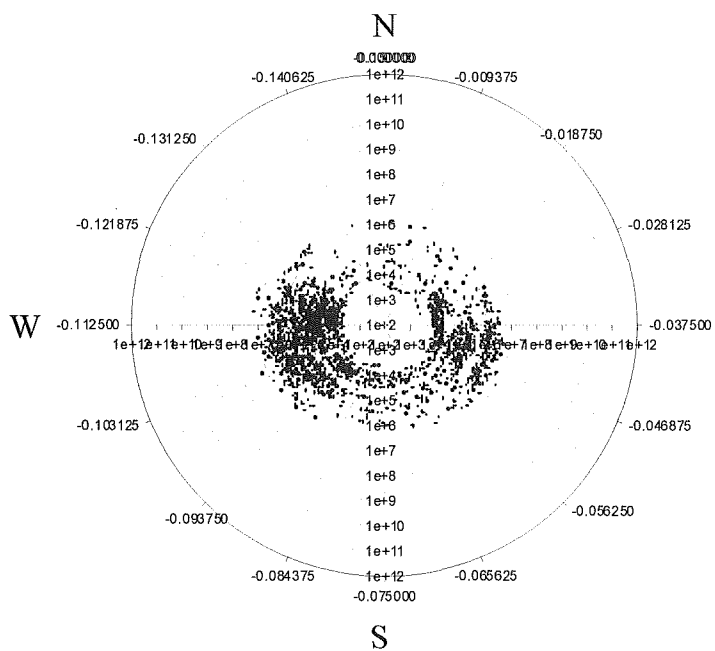


図107 耐塩がいしの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

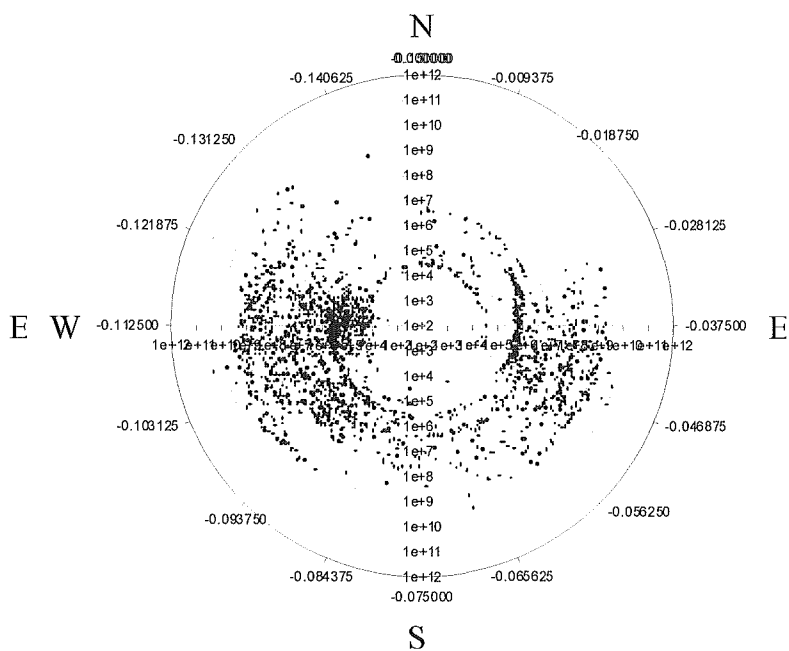


図108 HI-ASがい管の単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

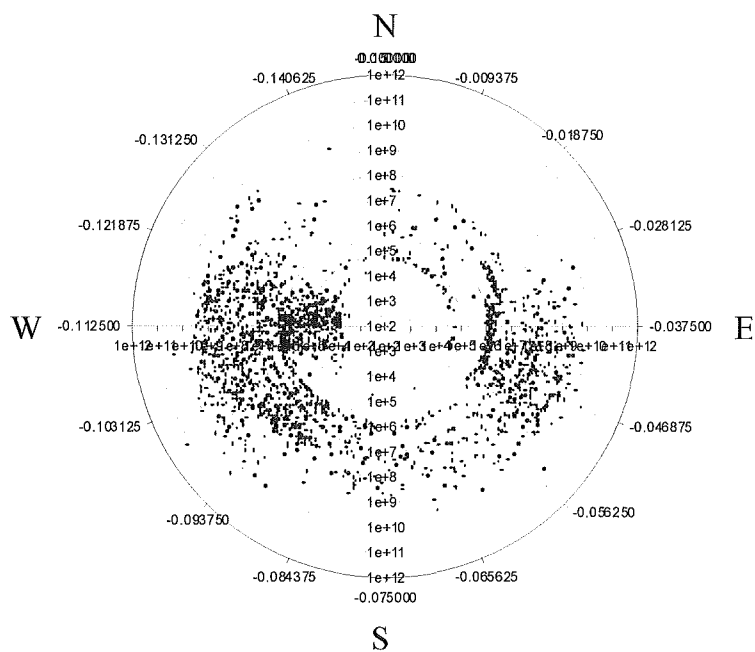


図109 HI-RSがい管の単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(11月)

(2) 相対湿度と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係

図110から図120に各がいしの相対湿度と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係を示す。図110から図120より、すべてのがいしで漏れ抵抗と湿度の関係は、湿度75%以上でほぼ同じ低い値になった。これは2-5-2節で述べたように、塩化ナトリウムの潮解が湿度75%^(3, 4)から始まるためだと考えられる。また、塩分を含んだ雪が解けることにより、がいしの漏れ抵抗値がほぼ同じになったとも考えられる。低湿度時にすべてのがいしで、漏れ抵抗が低い値を示す時があった。これは、雪が解ける時に漏れ抵抗値が低下したことが考えられる。

シリコーンゴム材質のSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗は、 $10^8 \Omega/\text{cm} \sim 5 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。また、同じシリコーンゴム材質のHI-RSがい管、HI-ASがい管の漏れ抵抗は、 $10^{10} \Omega/\text{cm} \sim 10^4 \Omega/\text{cm}$ オーダを示し、湿度変化に対して漏れ抵抗変化が大きかった。これは融雪による漏れ抵抗の低下が大きかったことが考えられる。EPDMがいしとEVAがいしの漏れ抵抗は、 $10^9 \Omega/\text{cm} \sim 3 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。Porcelainがいしは、 $10^9 \Omega/\text{cm} \sim 3 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。耐塩がいしと標準がいしの漏れ抵抗は、 $10^7 \Omega/\text{cm} \sim 2 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。HI-ASがい管、HI-RSがい管の漏れ抵抗値は他のがいしより高く、HI-ASがい管、HI-RSがい管以外のがいしは、ほぼ同じ低い漏れ抵抗値を示した。

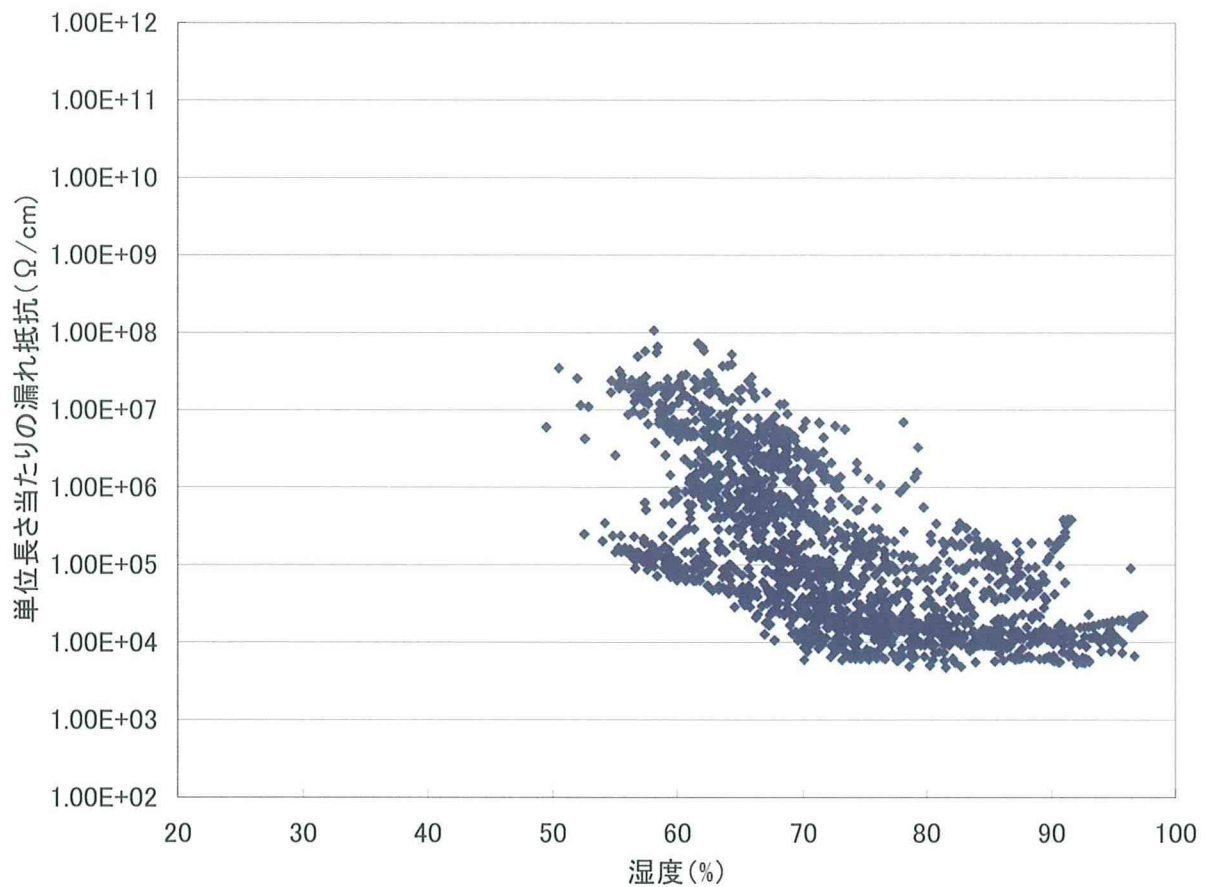


図110 SiRがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

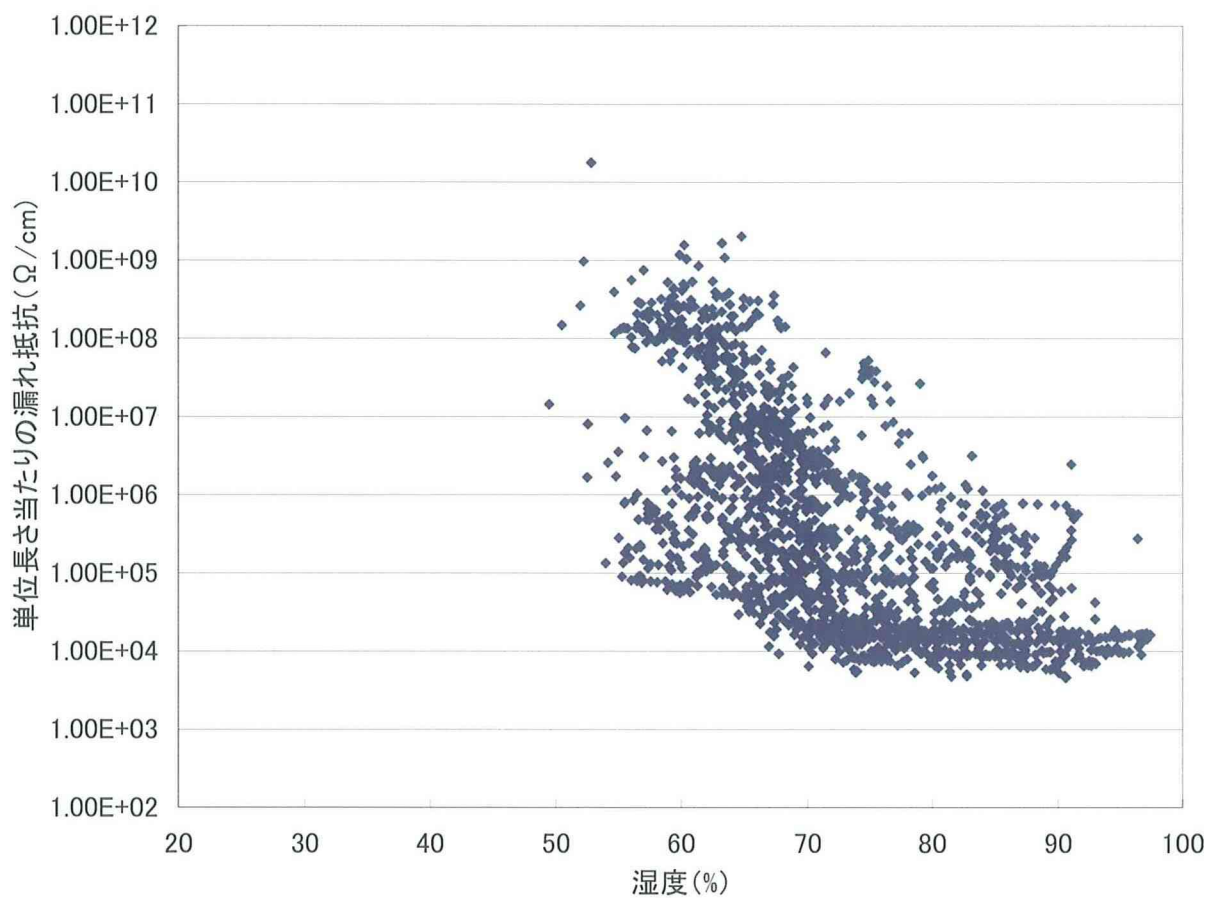


図111 EPDMがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

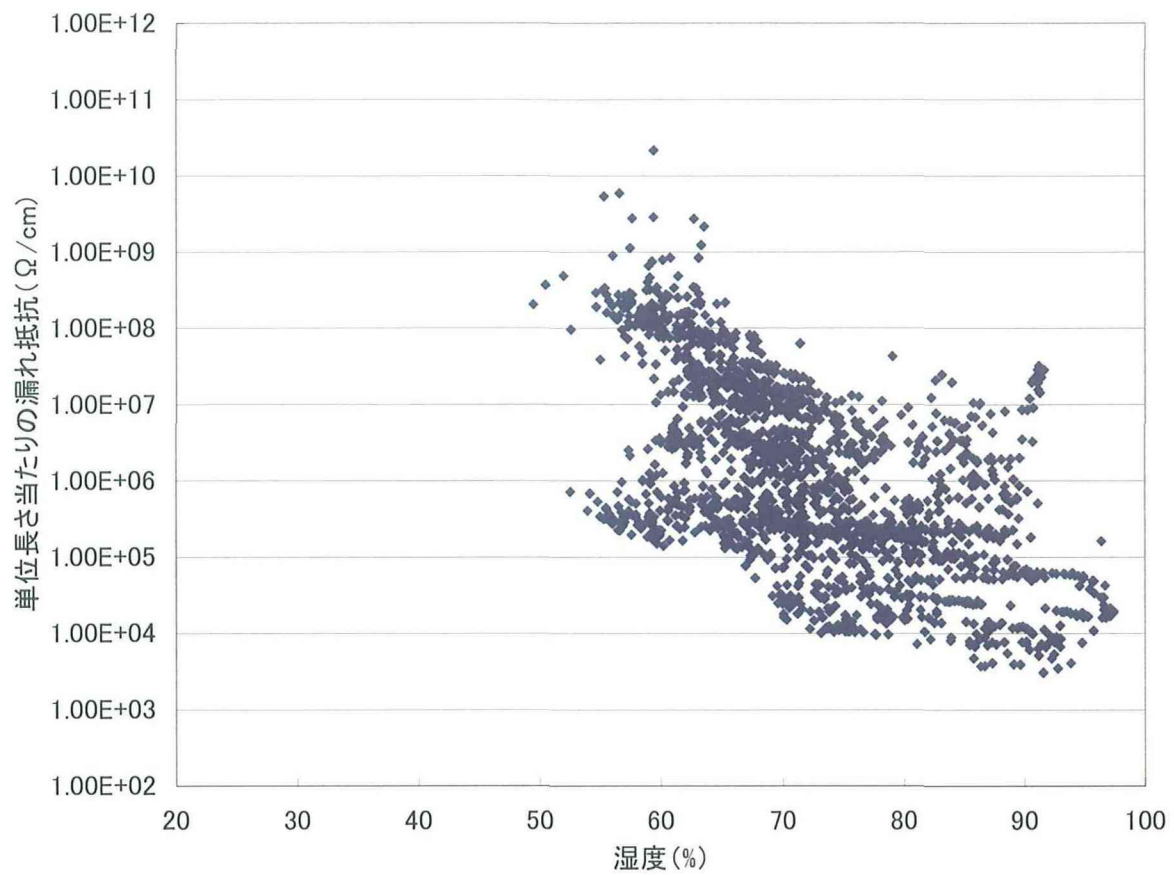


図112 Porcelainがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

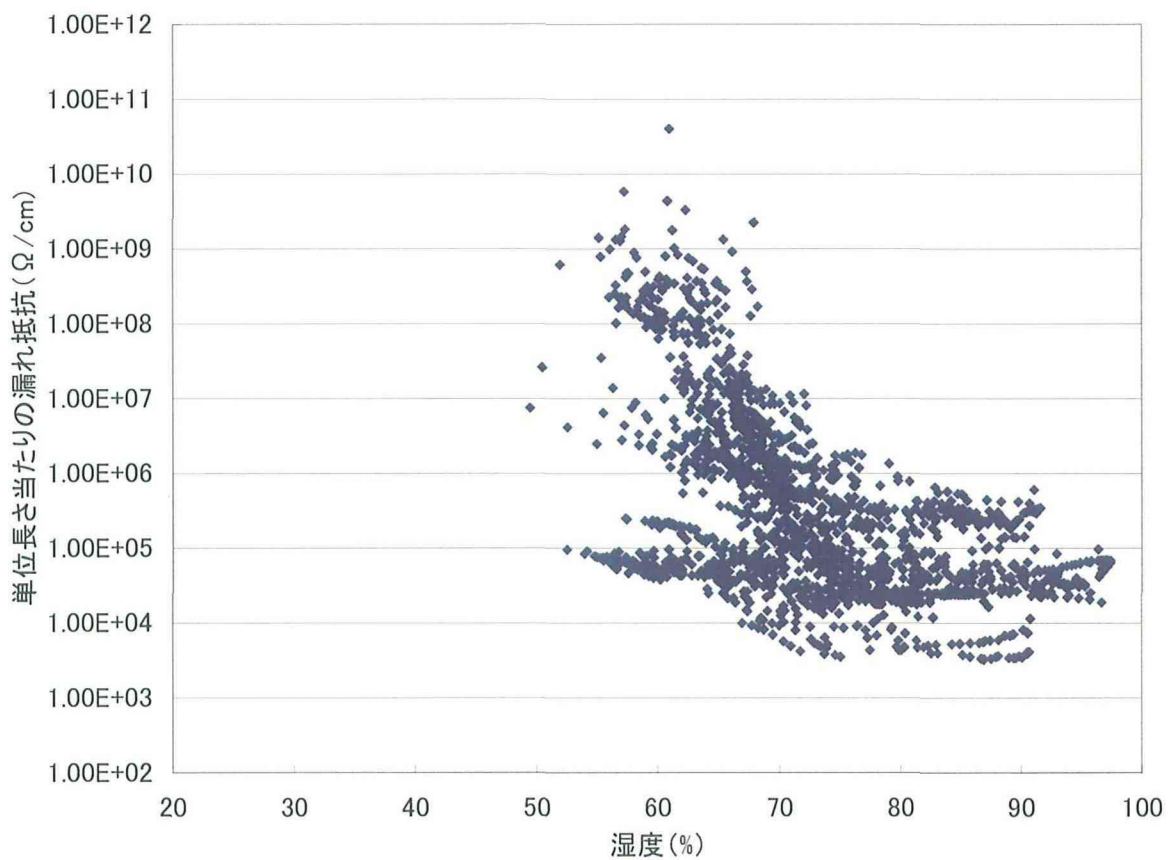


図113 EVAがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

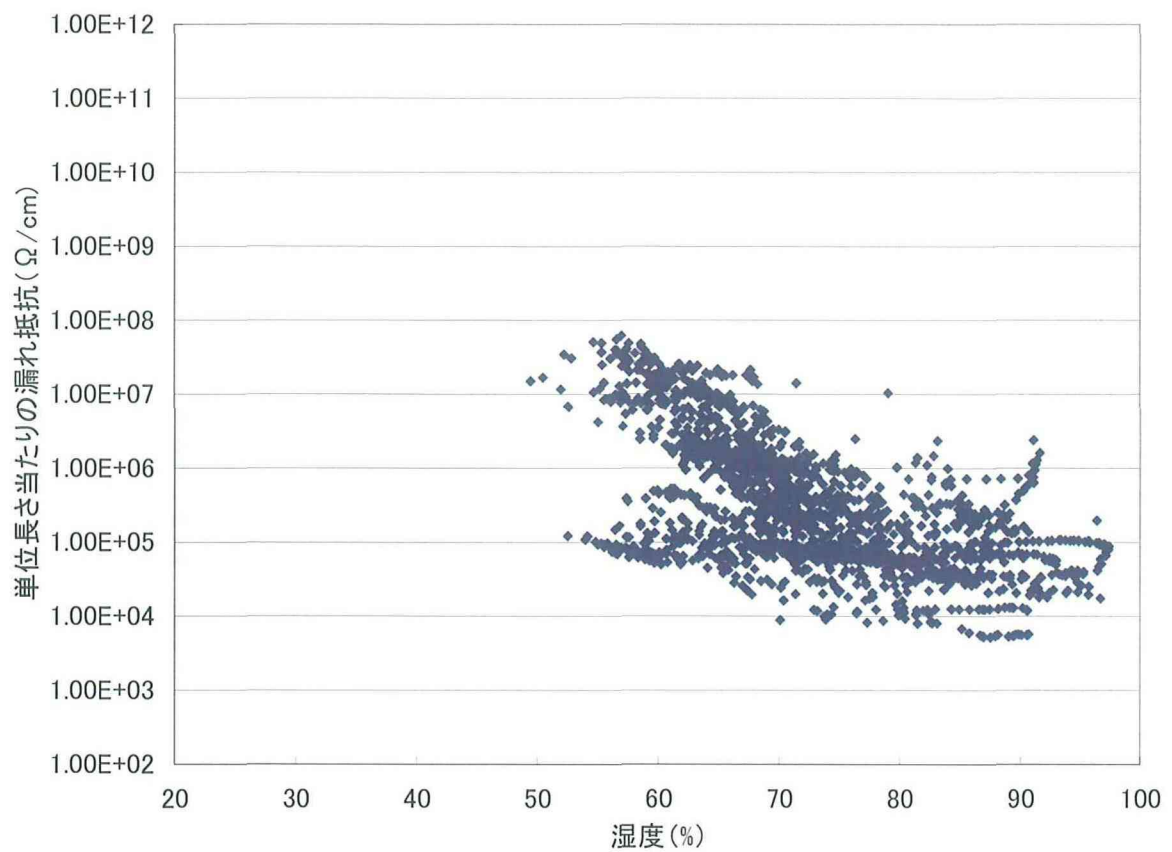


図114 HTV-ASがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

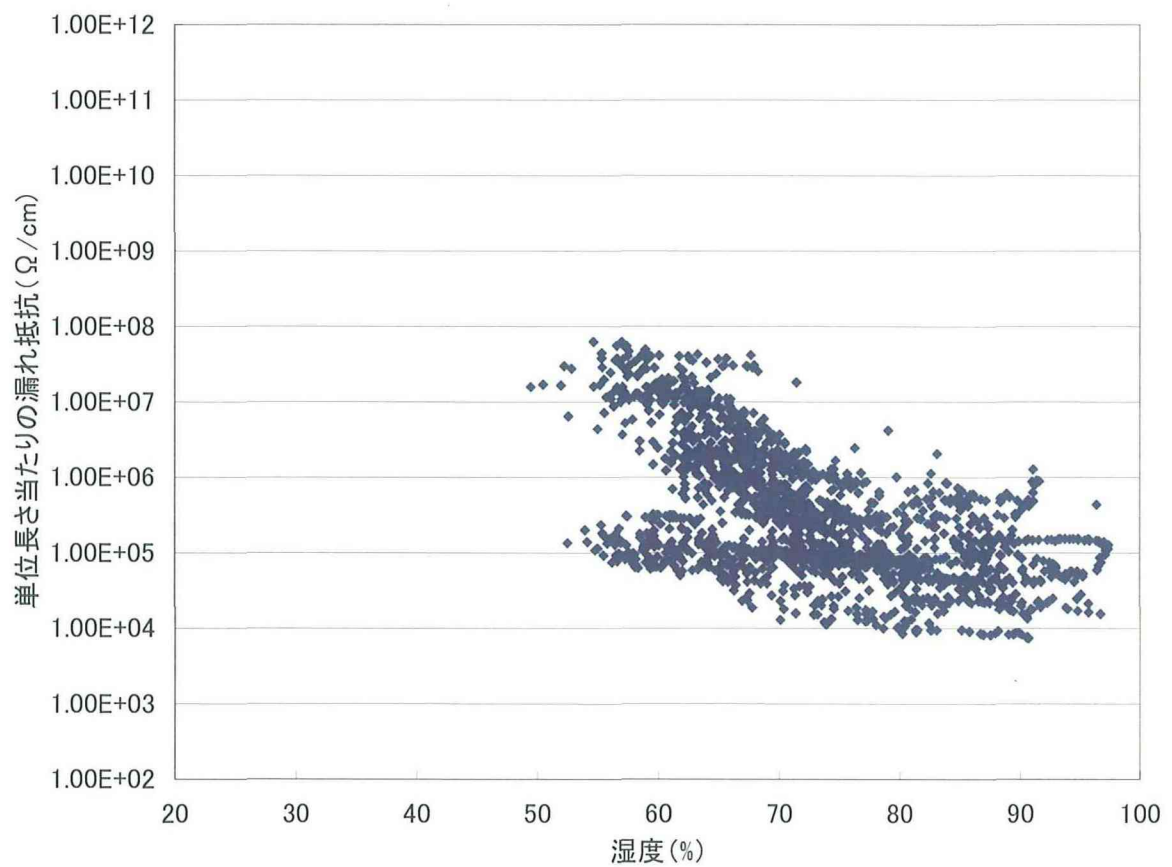


図115 RTV-RSがいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

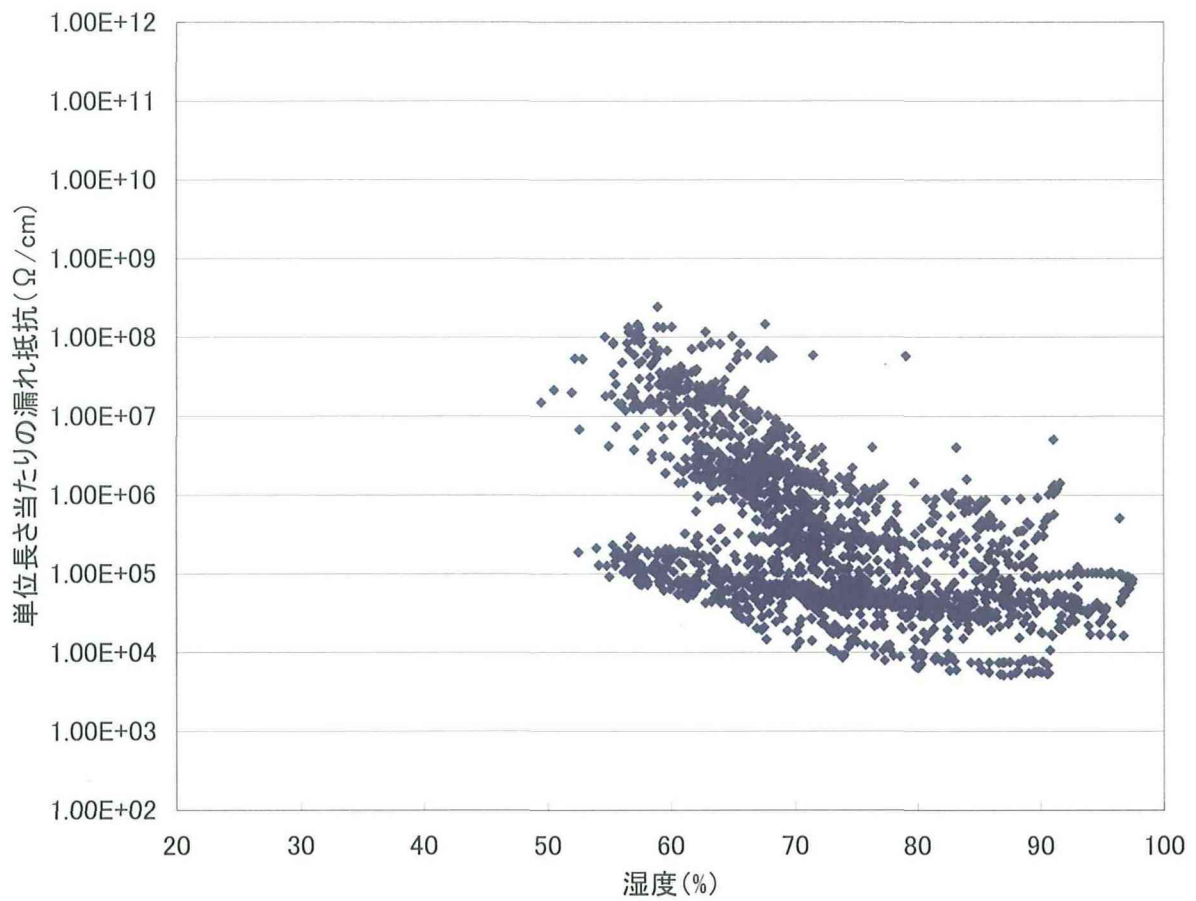


図116 HTV-RSがいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

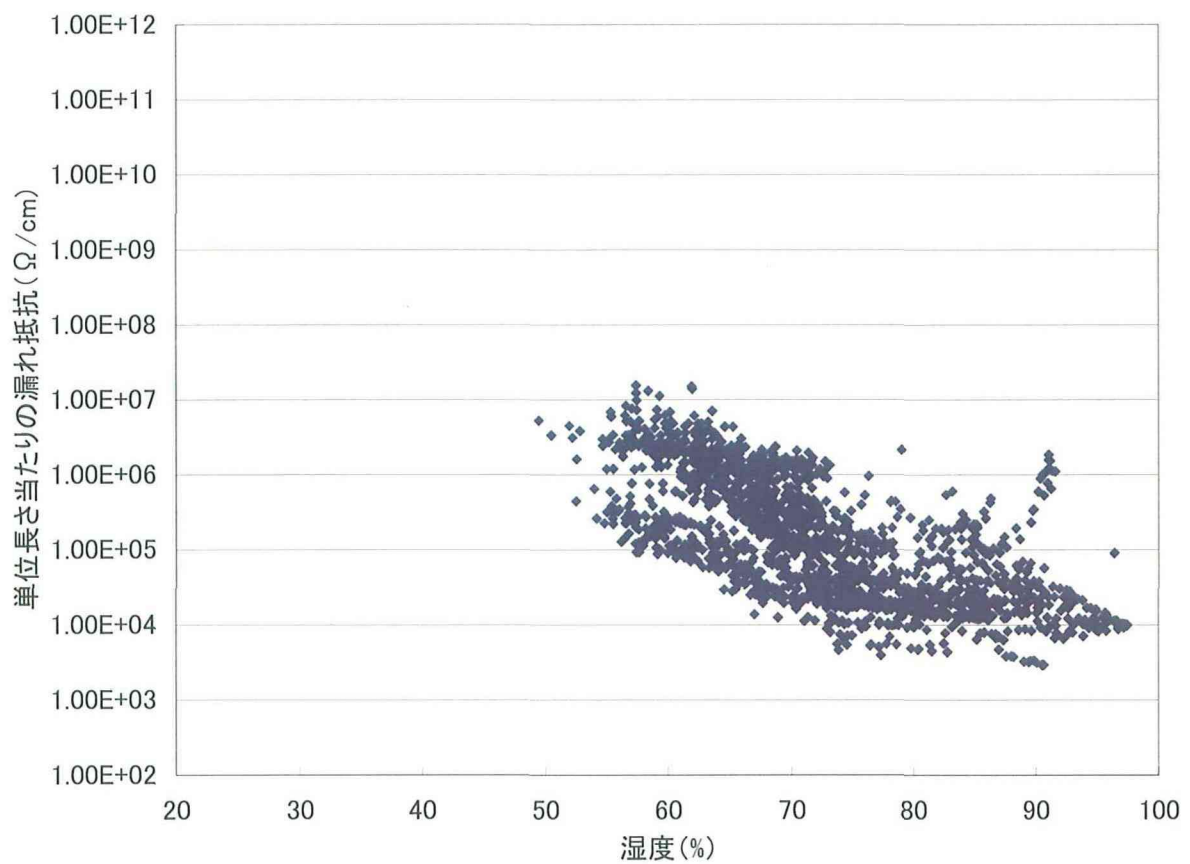


図117 耐塩がいの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

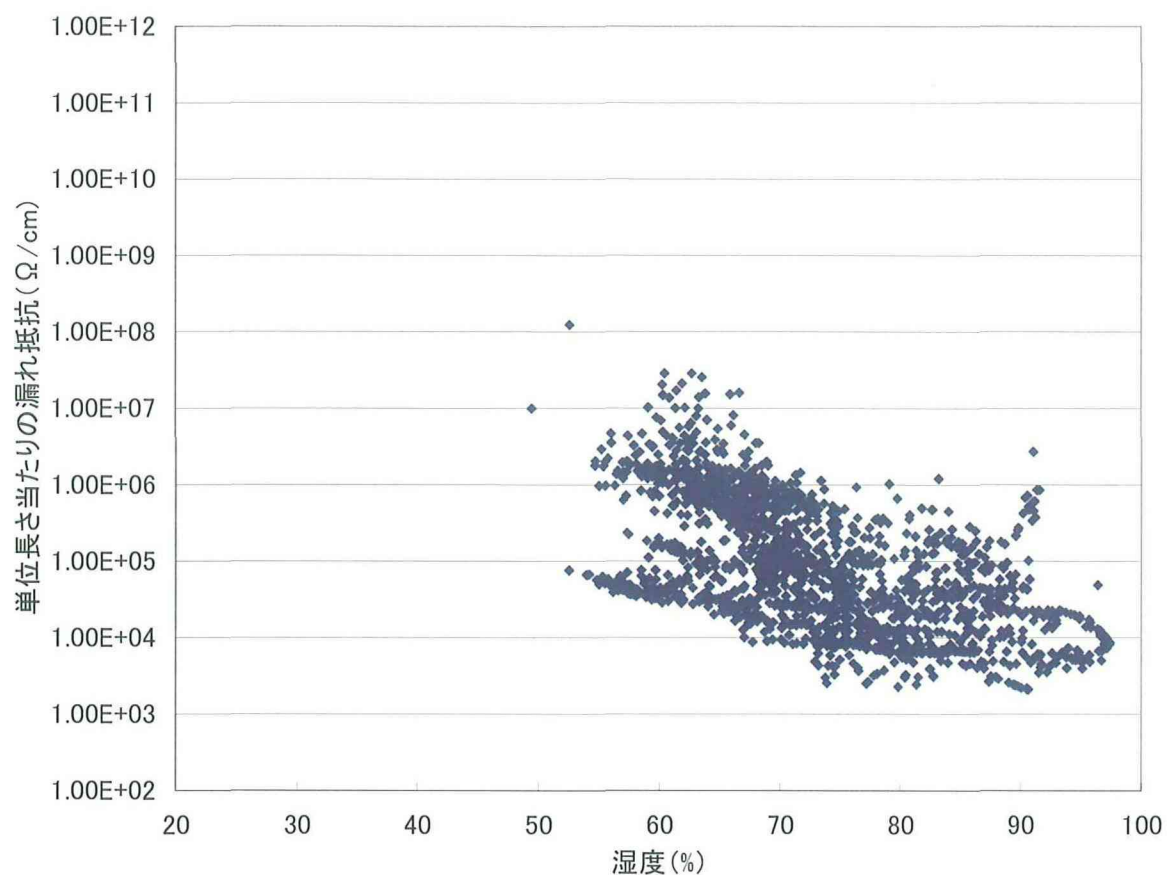


図118 標準がいしの単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

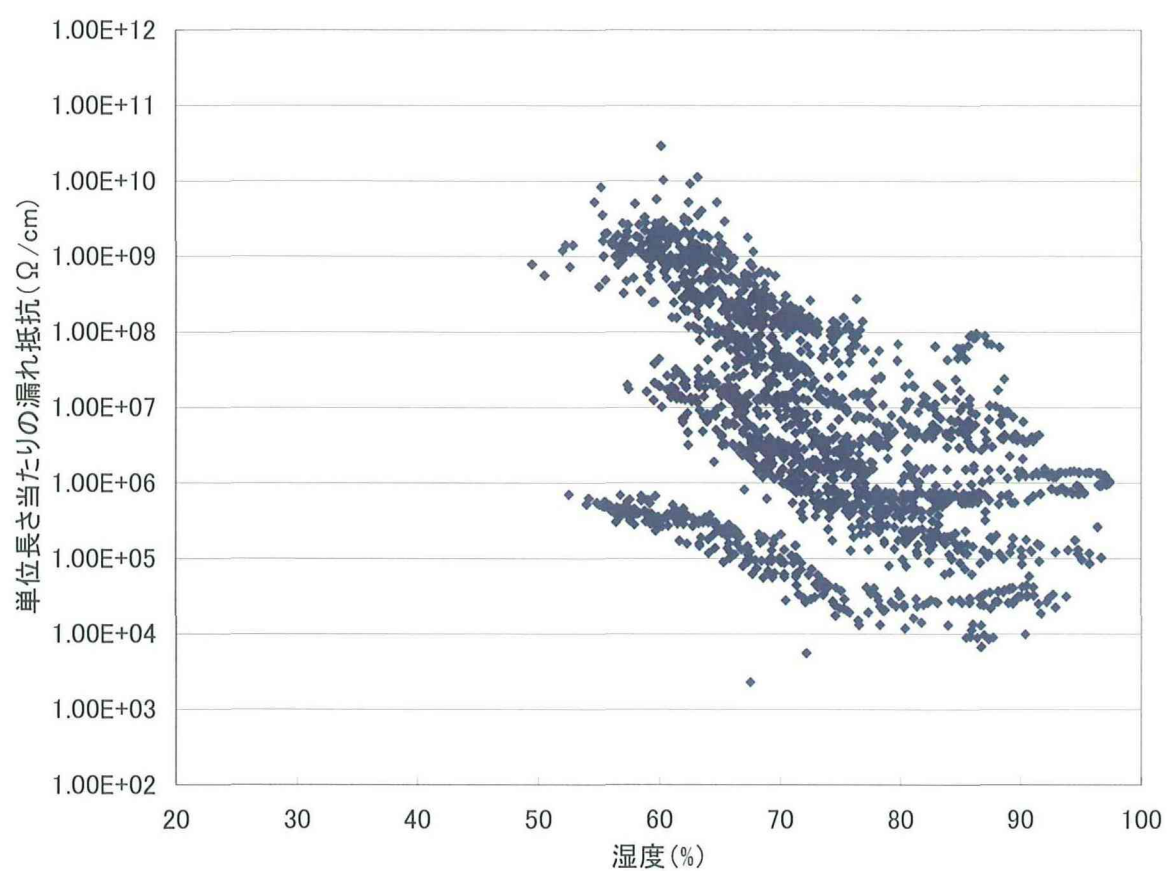


図119 HI-ASがい管の単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

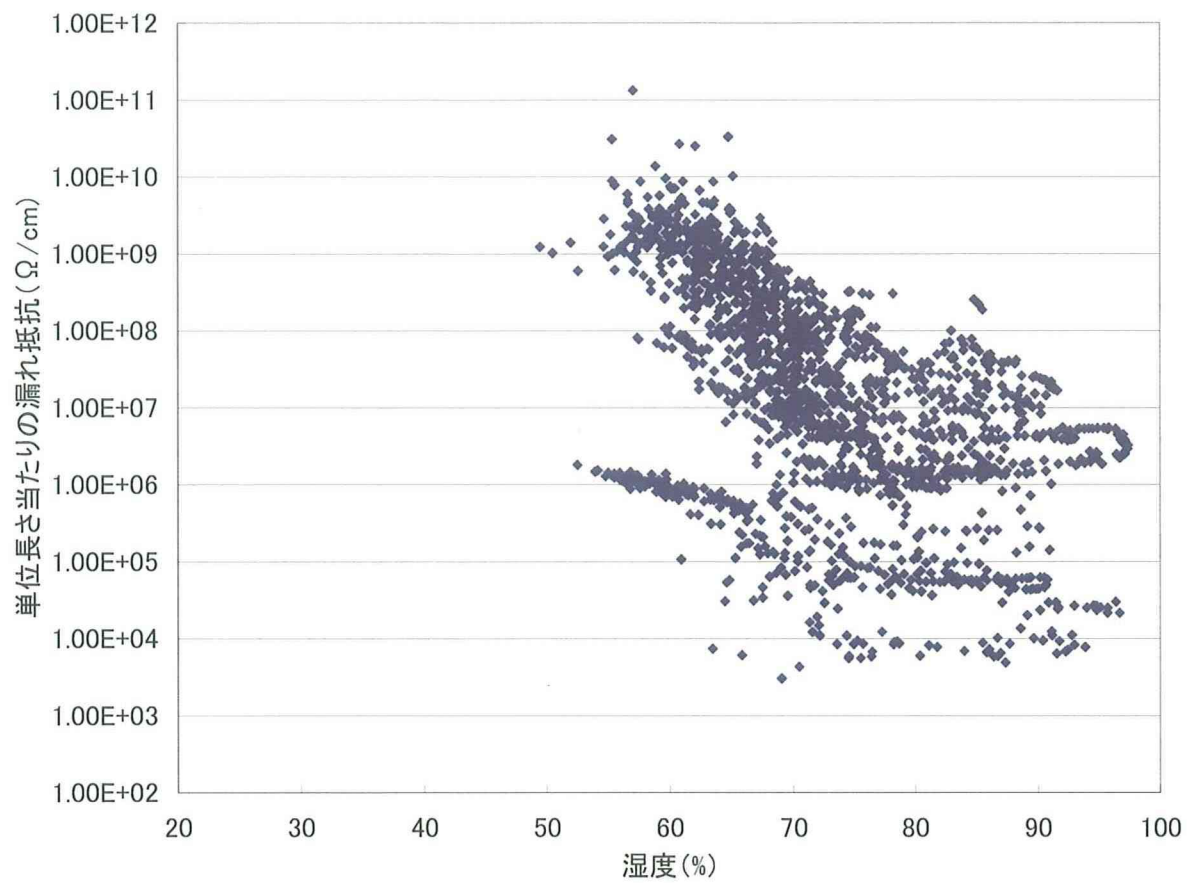


図120 HI-RSがい管の単位長さ当たりの漏れ抵抗と湿度の関係(11月)

(3) 1日の漏れ抵抗変化量と湿度変化量

図121から図131に各がいしの1日の湿度変化と単位長さ当たりの漏れ抵抗変化を示す。これらの図から各がいしは、11月21日以降漏れ抵抗が低下したことが判る。これは、風が強く吹いてがいしが汚損され、漏れ抵抗が低い値を示したと考えられる。11月25日に降雪（写真2）があり、2種類のがい管の海側の雪が吹き付ける側に帯状の着雪が11月26日の9時の写真で確認できる。HI-ASがい管、HI-RSがい管は、11月27日、28日に低い値を示した。これは、25日に降った雪が気温の上昇で解けたことにより、漏れ抵抗が低下したと考えられる。EVAがいし、EPDMがいし、Porcelainがいしの1日の漏れ抵抗変化が大きかった。従って、絶縁性を回復したと考えられる。シリコーンゴム材質のSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、HI-ASがい管、HI-RSがい管の1日の漏れ抵抗変化は、磁器製の標準がいしや耐塩がいしの漏れ抵抗変化と、ほぼ同じ程度であった。



(C) 11月25日15時

(D) 11月26日9時

写真2 降雪状態(11月)

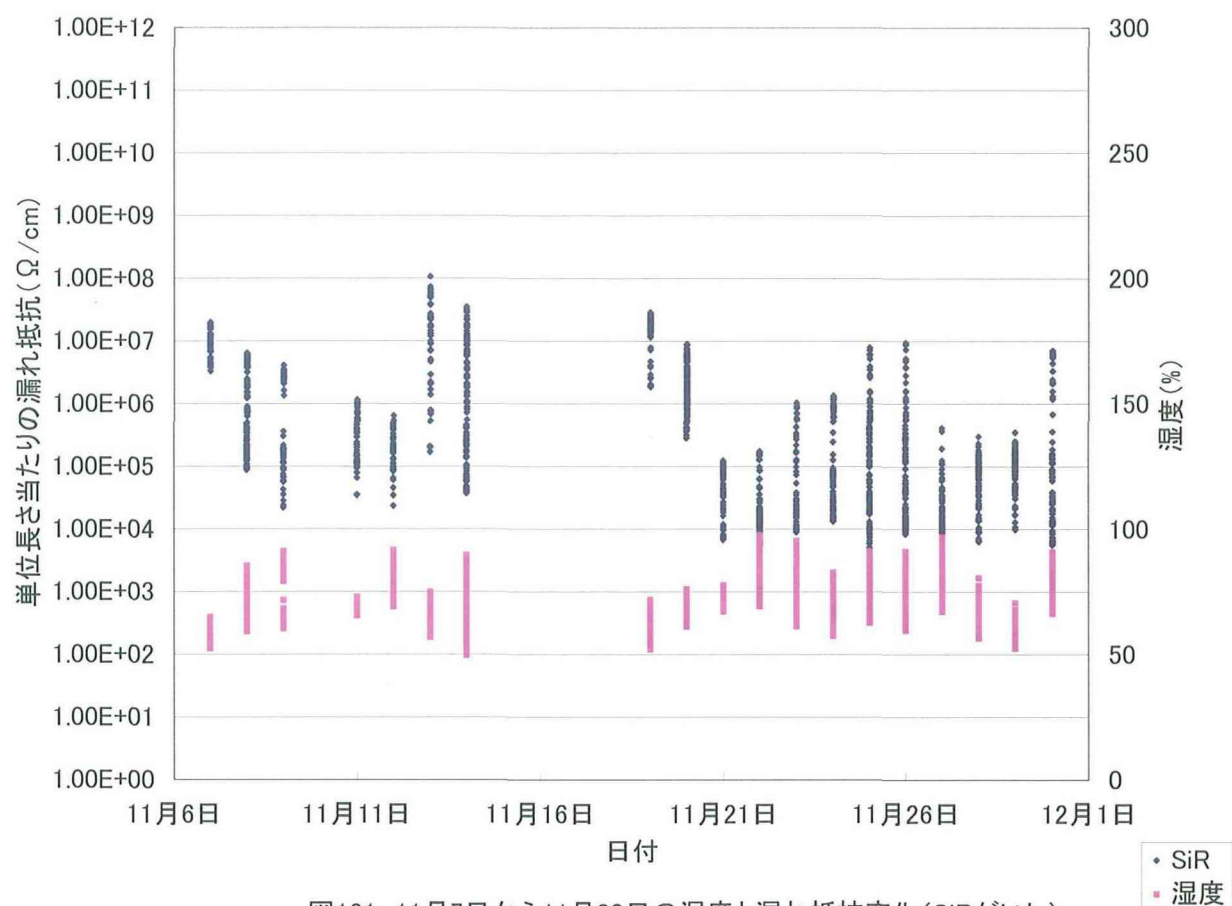


図121 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (SiRがよい)

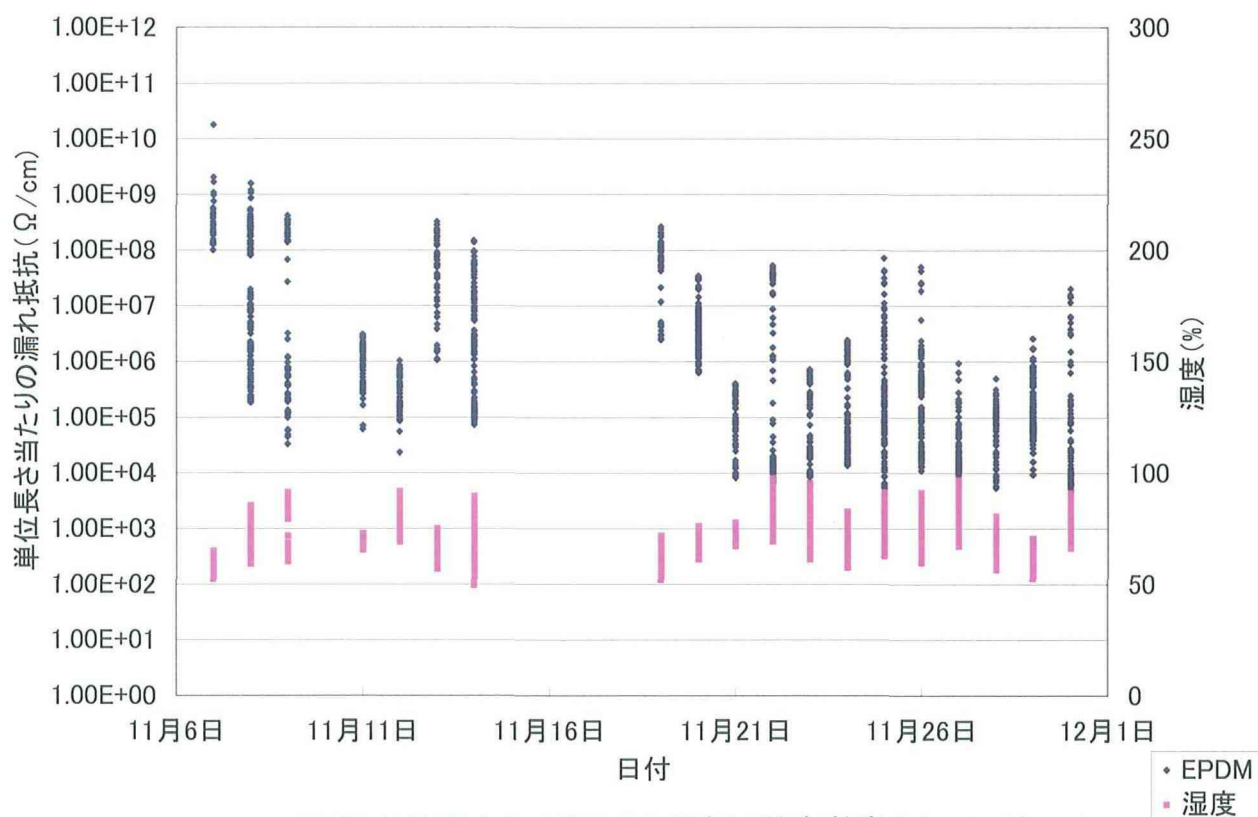


図122 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (EPDMがよい)

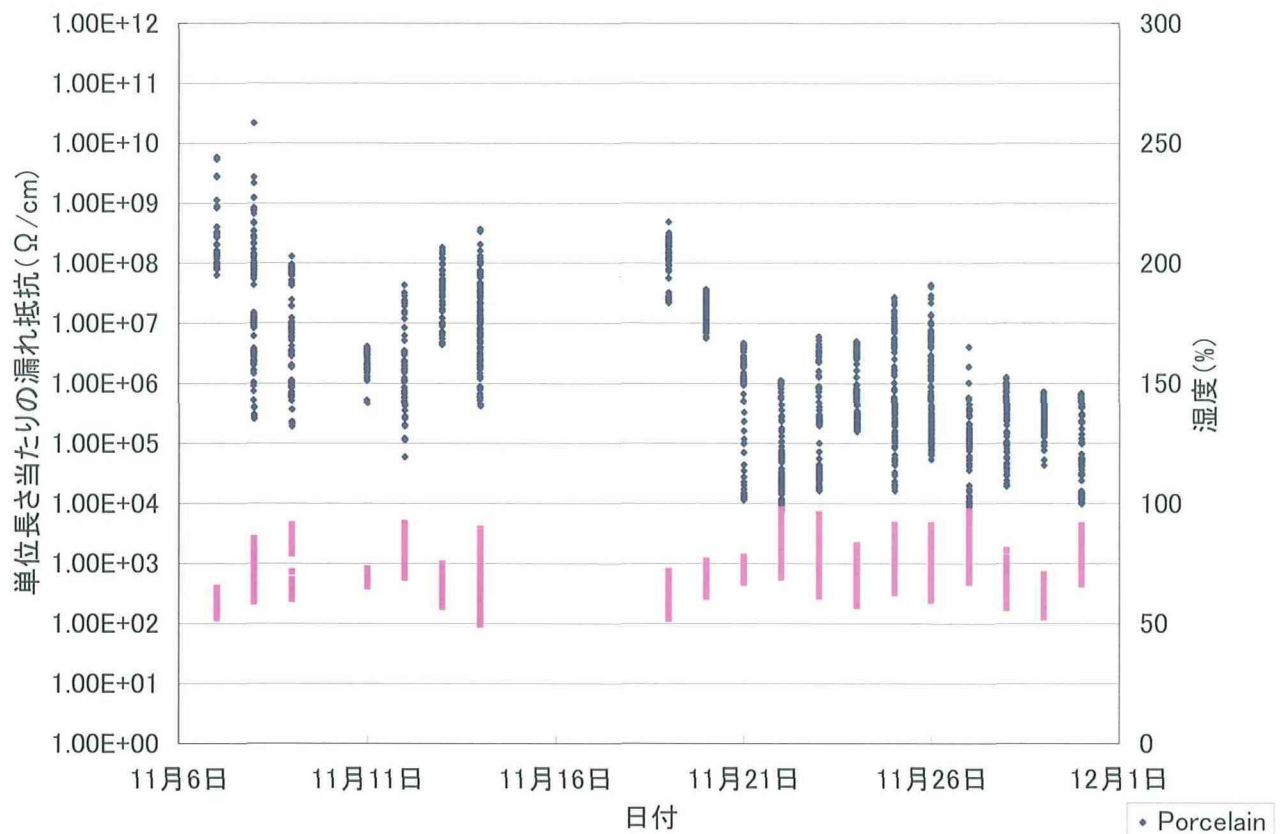


図123 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (Porcelainがいし)

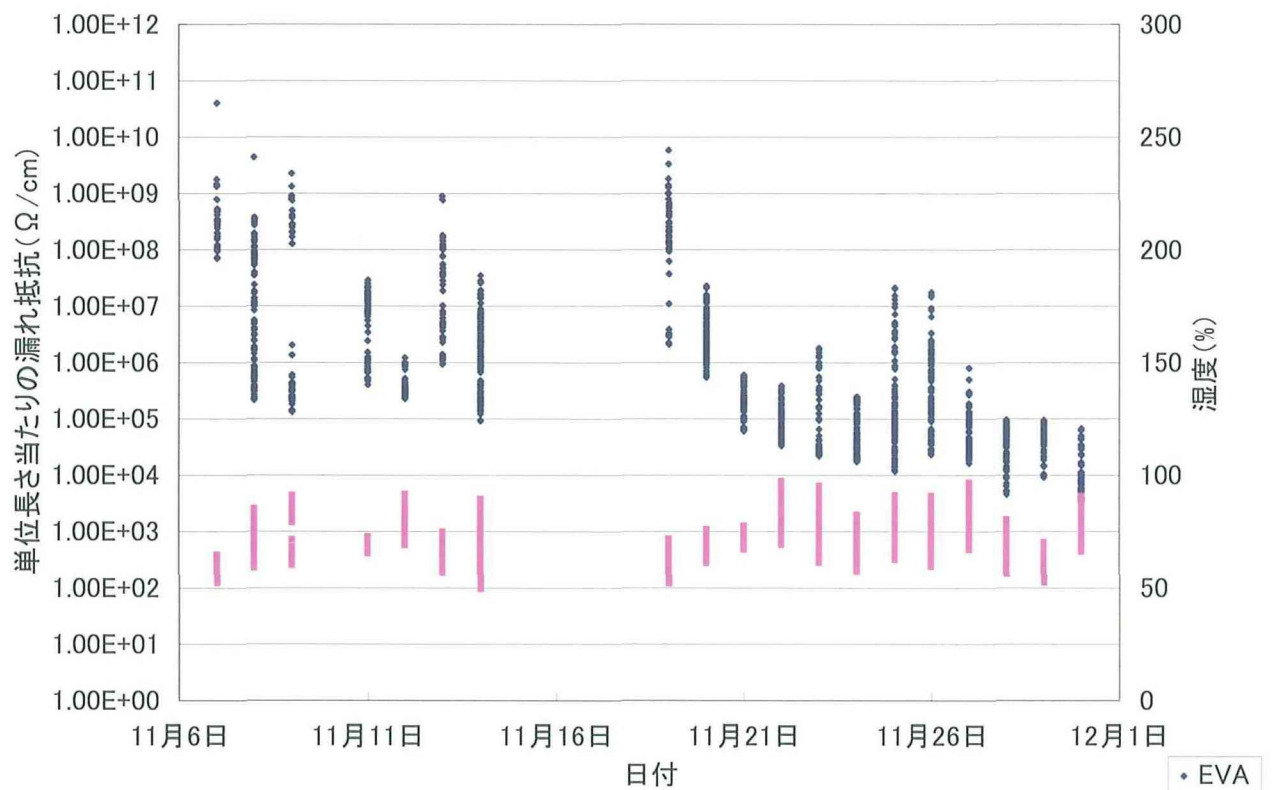


図124 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (EVAがいし)

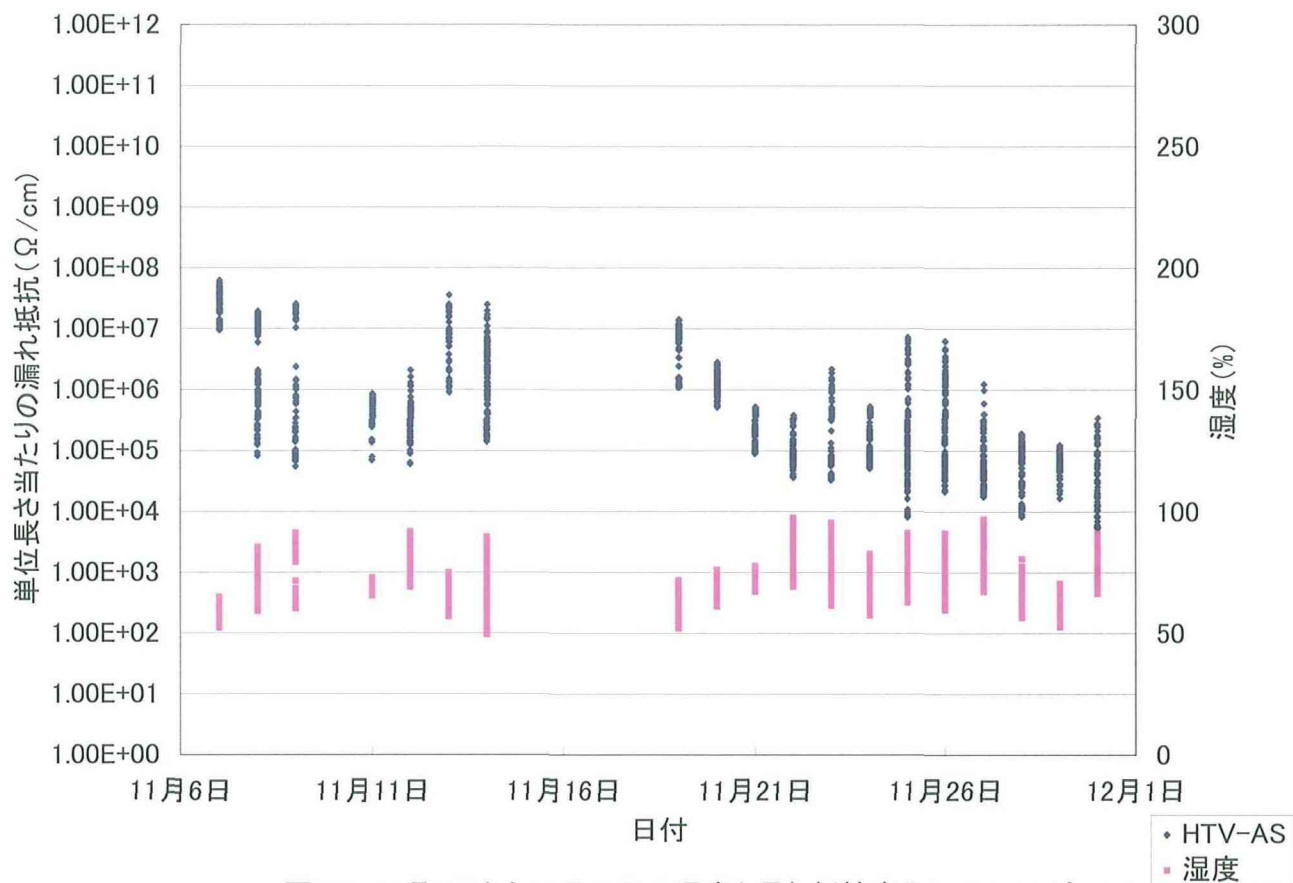


図125 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化(HTV-ASがいし)

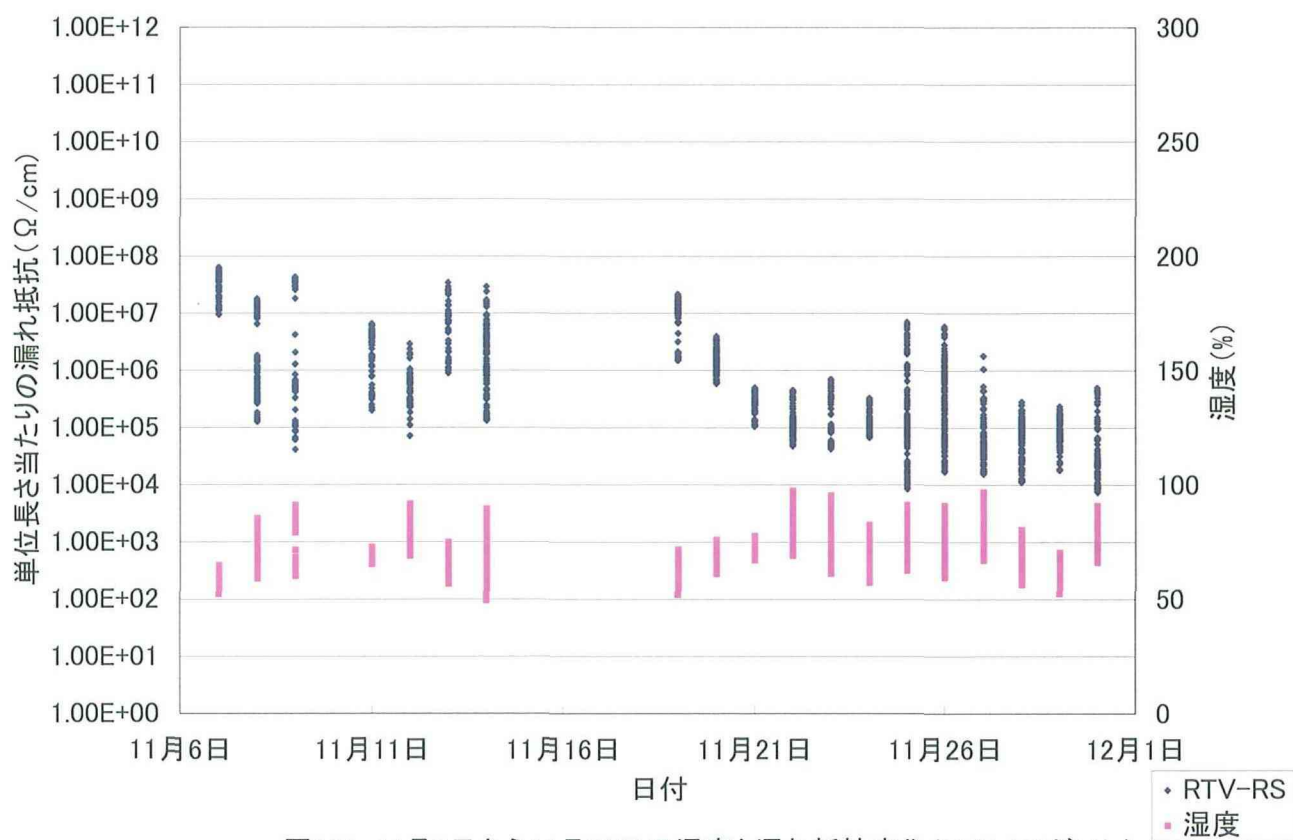


図126 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化(RTV-RSがいし)

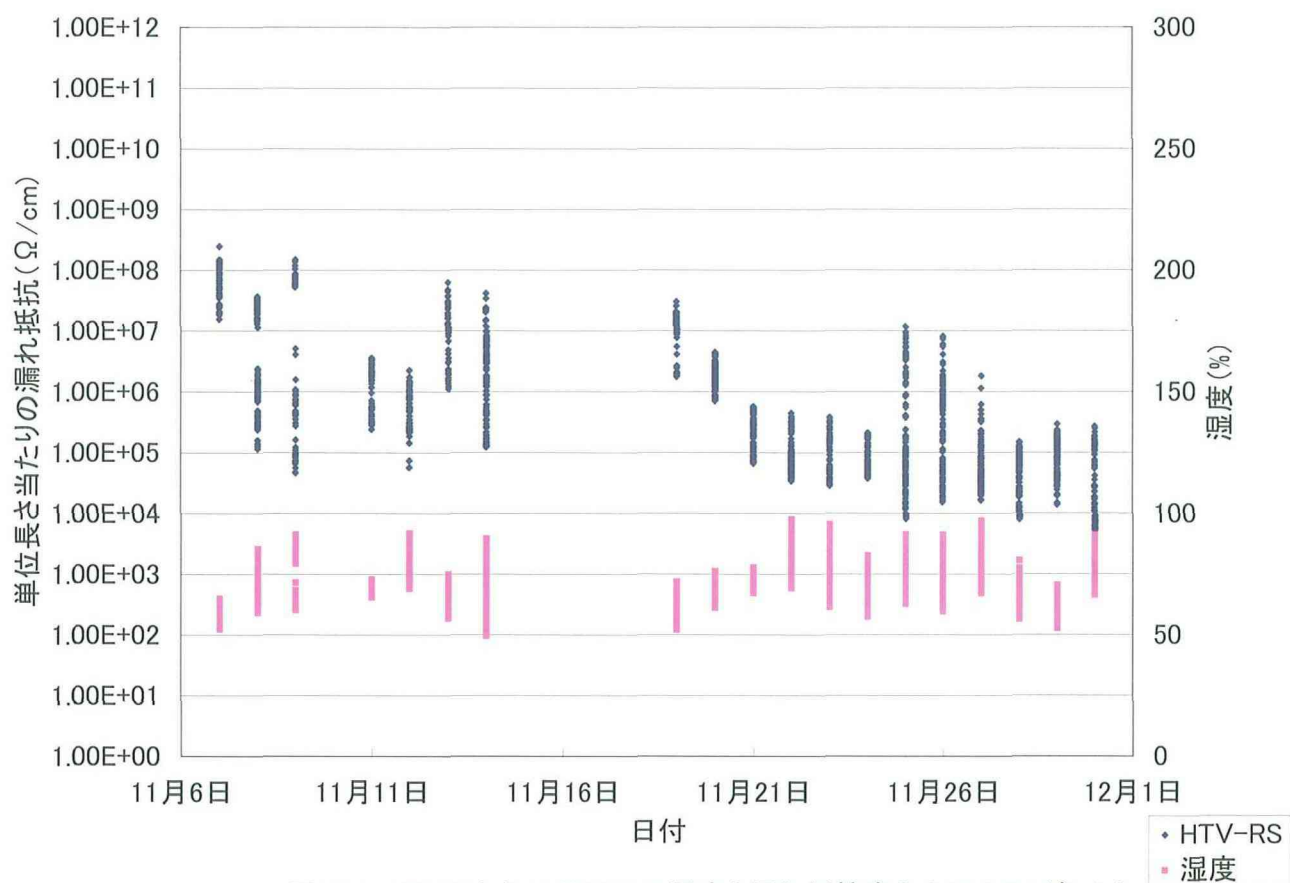


図127 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (HTV-RSがよい)

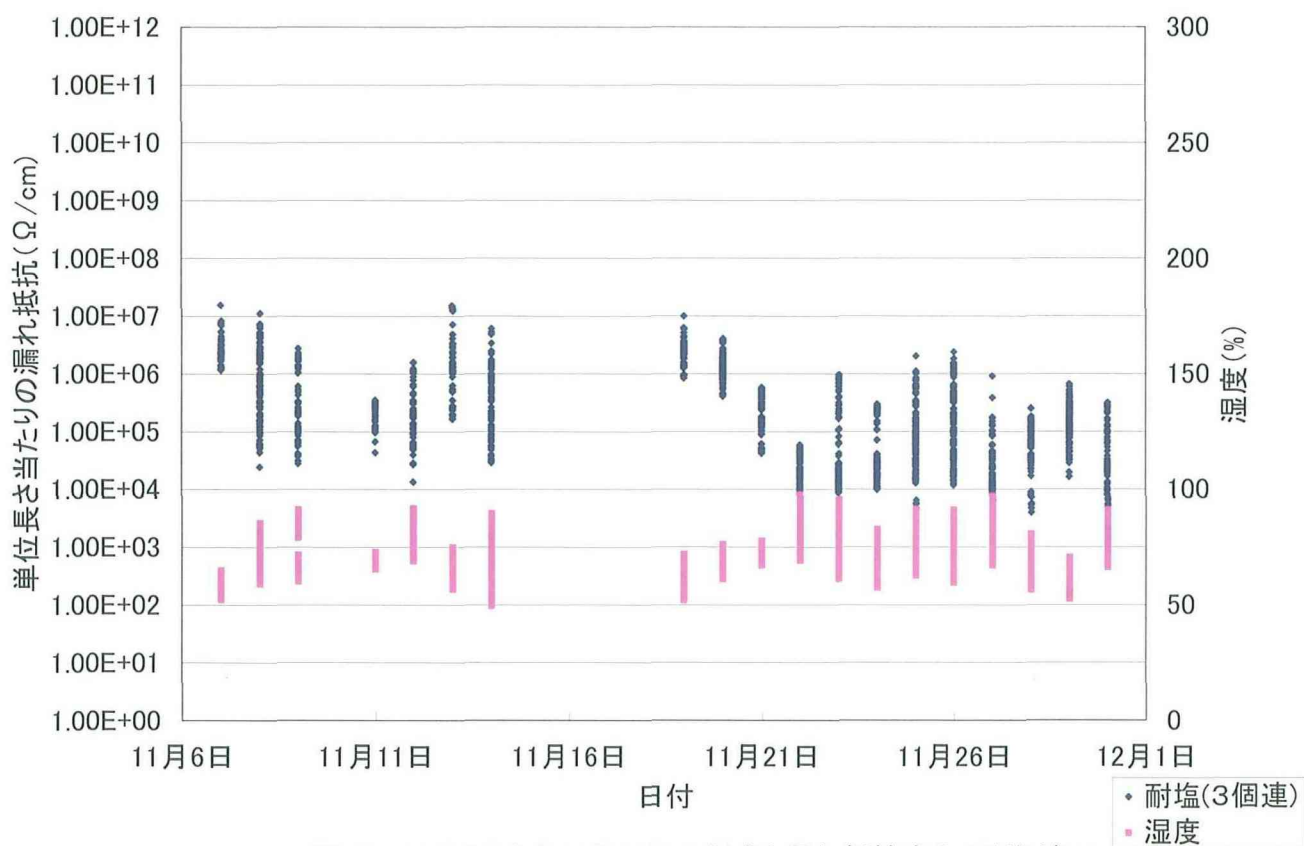
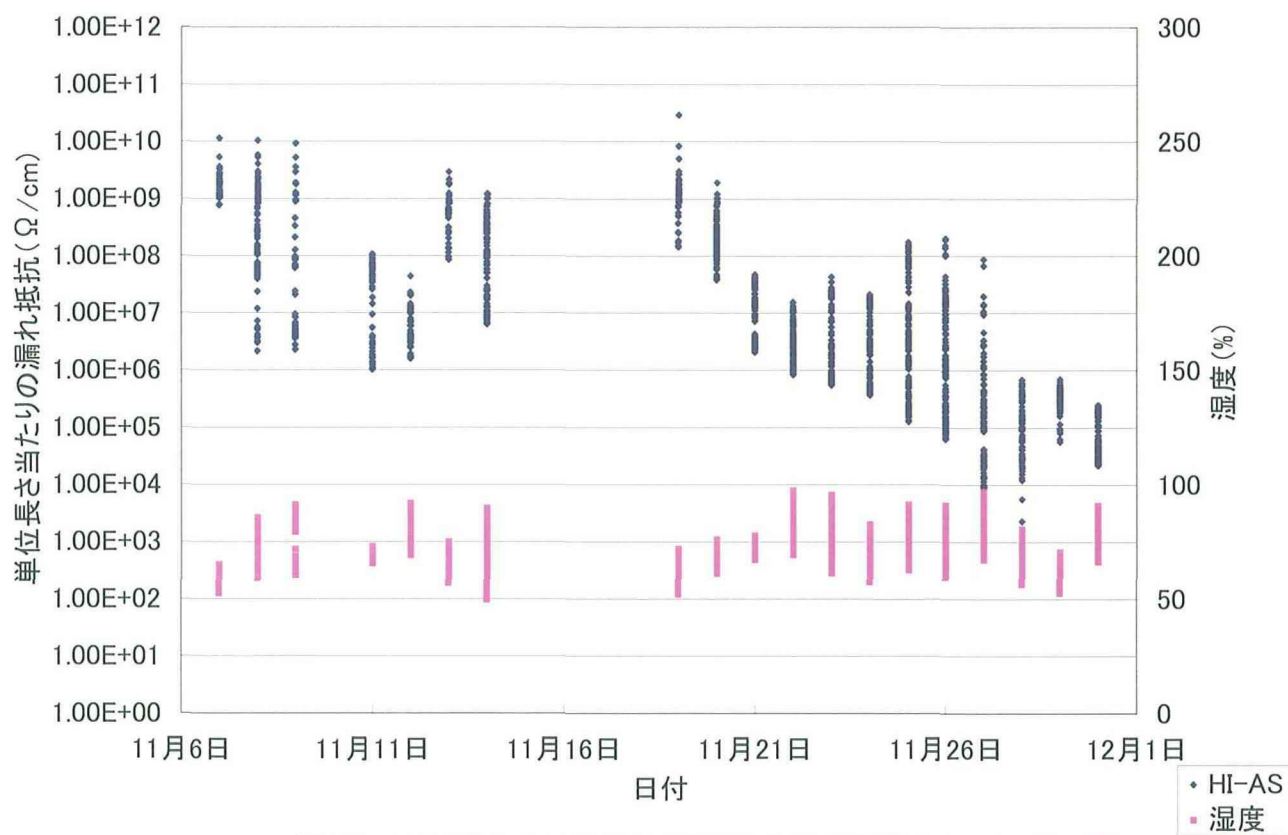
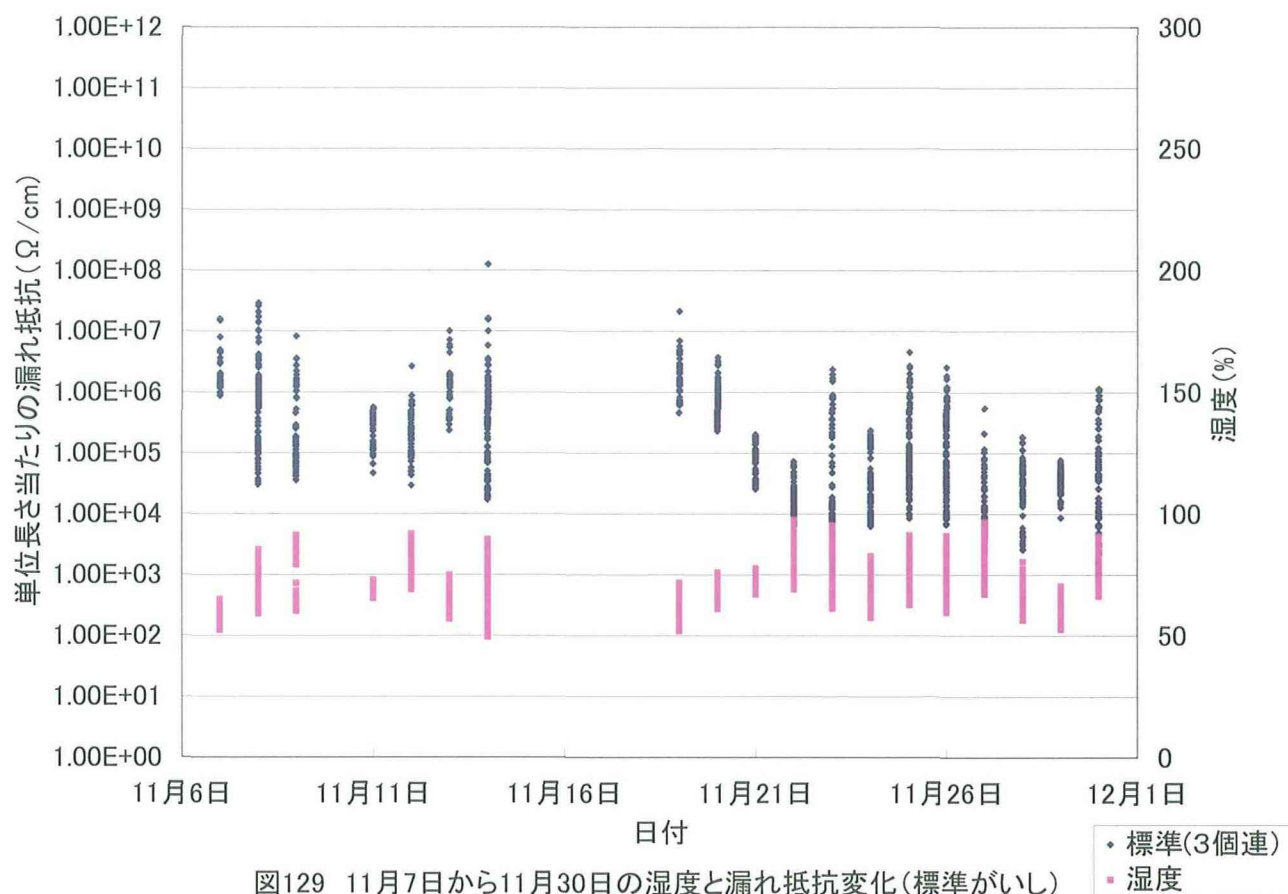


図128 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (耐塩がよい)



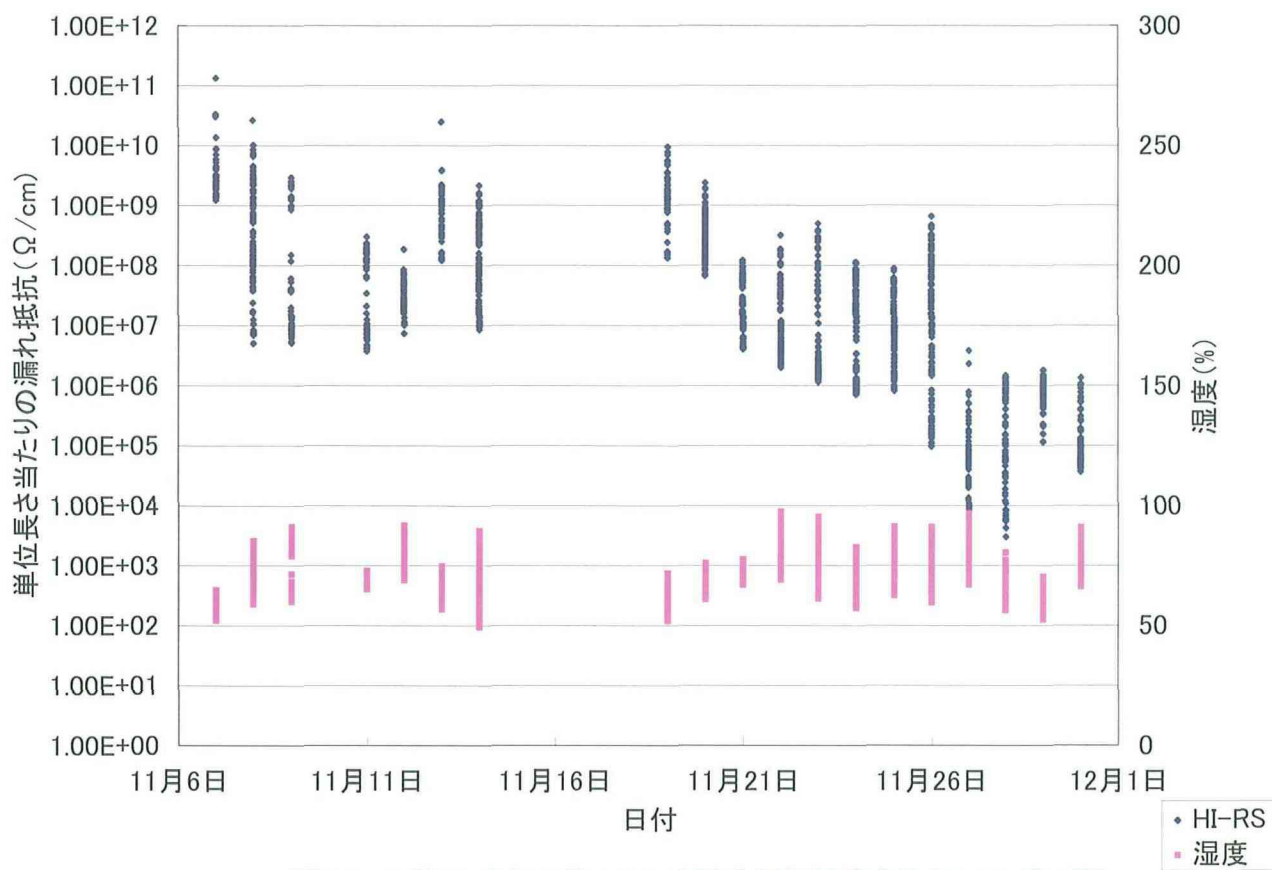


図131 11月7日から11月30日の湿度と漏れ抵抗変化 (HI-RSがい管)

(4) 3日間の漏れ抵抗変化

図132から図134には、11月25日から11月27日までの漏れ抵抗変化を示す。図132から図134には風速と湿度、さらに比較時の基準として標準がいし(3個連)の漏れ抵抗を示した。それに加えて、図132にはSiRがいし、EPDMがいし、Porcelainがいし、EVAがいしの漏れ抵抗を示し、図133にはHTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗を示し、図134には耐塩がいし(3個連)、HI-ASがい管、HI-RSがい管の漏れ抵抗を示した。風速10m/s以上の風が10時間以上吹いているため、漏れ抵抗が低下したと考えられる。また、アメダスデータより11月25日の9時ごろに降雪があり、漏れ抵抗が低下した。HI-ASがい管、HI-RSがい管の漏れ抵抗がその他のがいしより高いが、雪が解けてがいし表面が濡れると漏れ抵抗が大きく低下した。Porcelainがいしは、漏れ抵抗の回復が早く絶縁性能が良かった。EVAがいしは、HI-ASがい管、HI-RSがい管の次に絶縁性が良かった。SiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、EPDMがいしの漏れ抵抗値は、耐塩がいしと標準がいしとほぼ同じ程度で低かった。

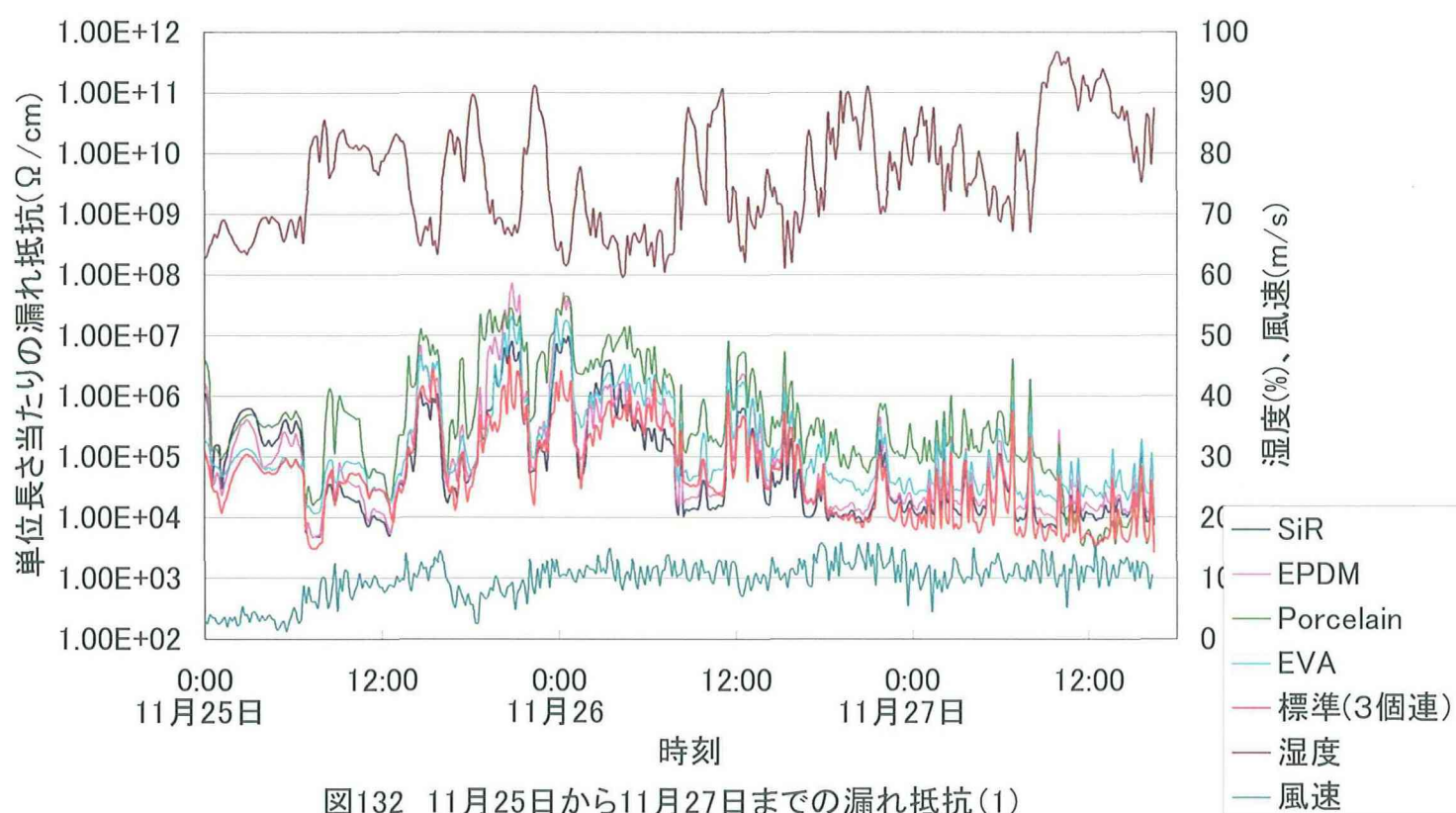
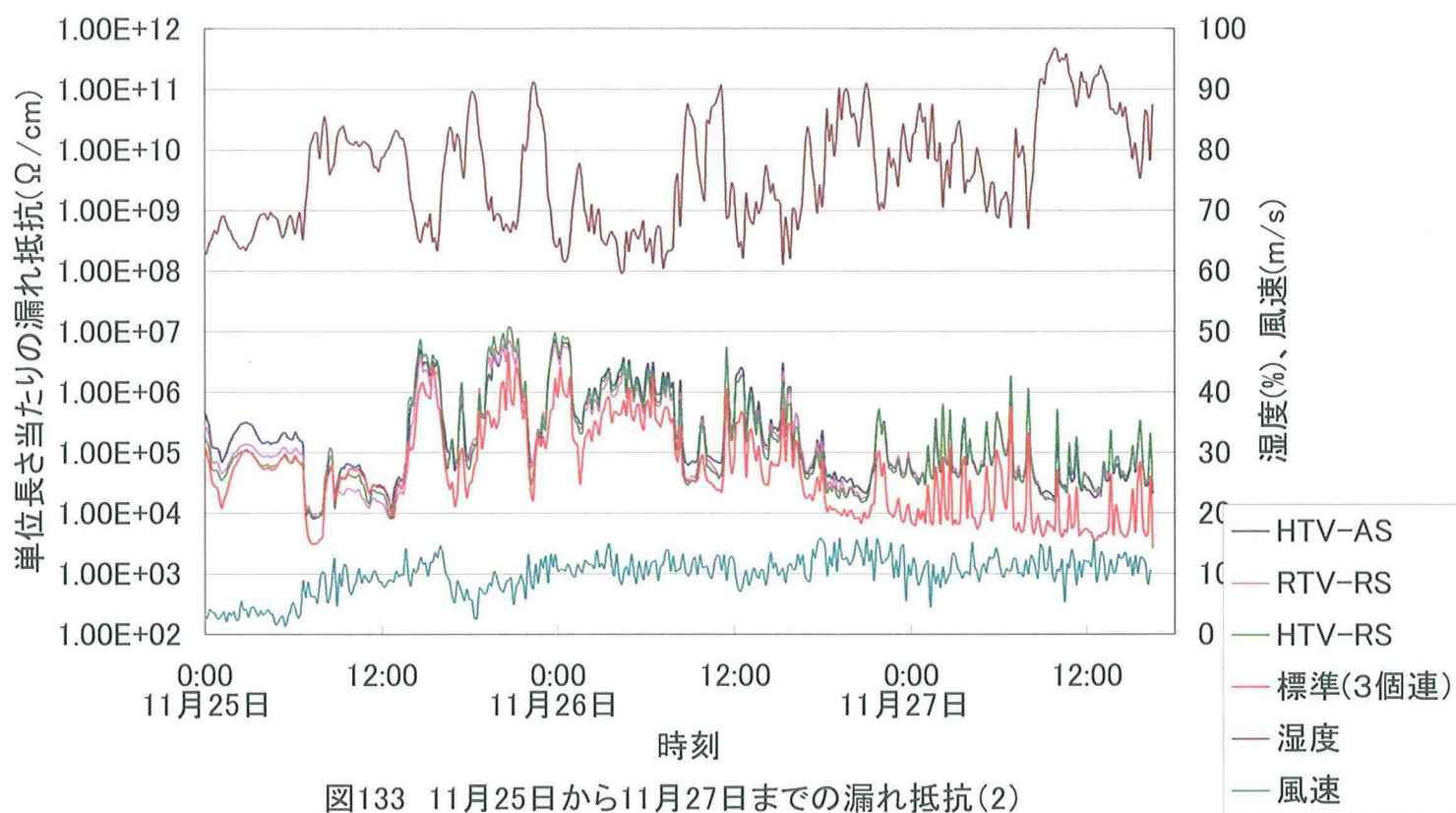
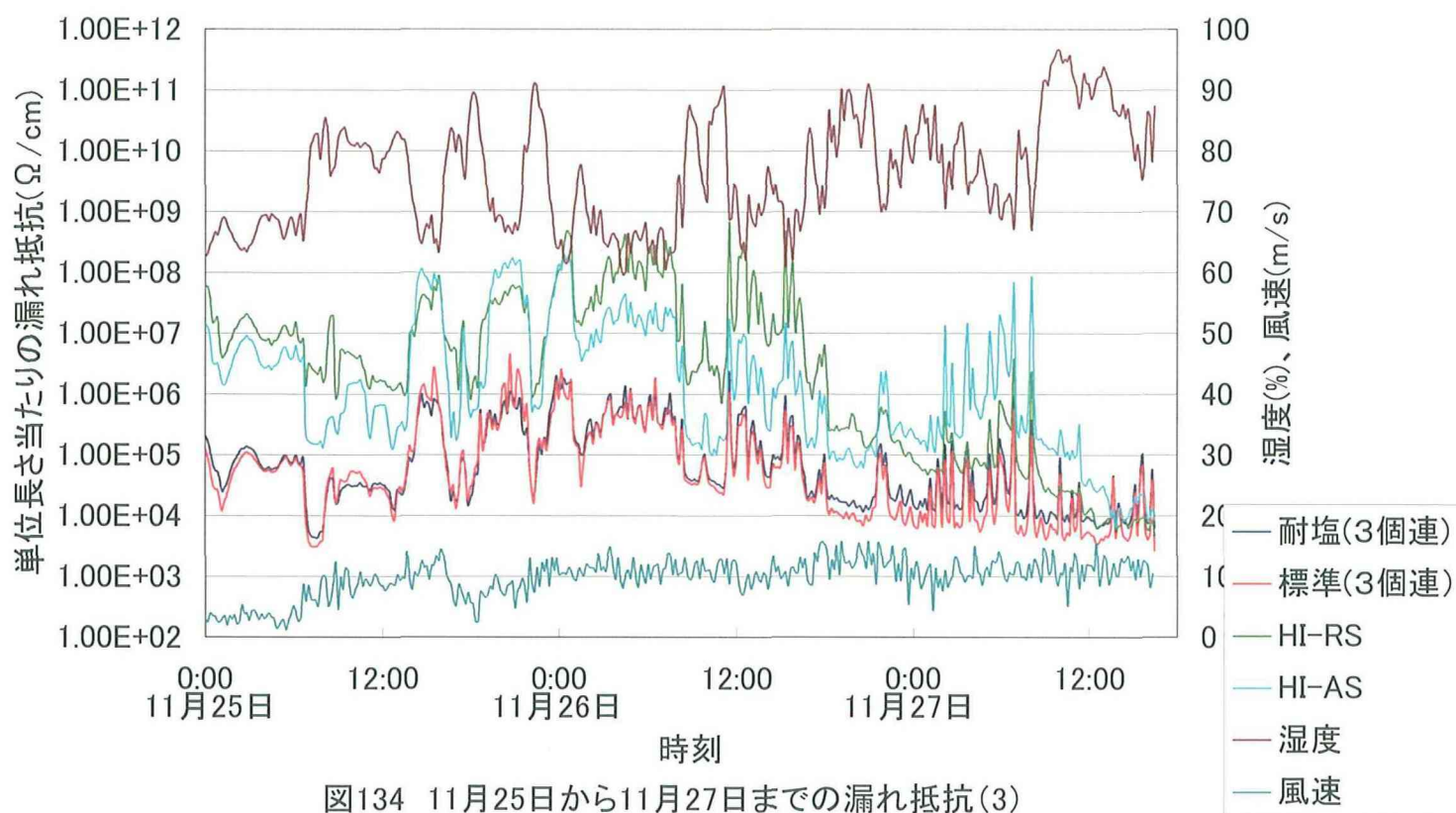


図132 11月25日から11月27日までの漏れ抵抗(1)





2－5－7 12月測定時の気象環境

図135は、3月と同じように、12月の風向に対する風速を示す。図136は、12月の風速の割合を示す。図135と図136から、12月は11月と同じように海からの強い西風が多いことが判る。図137は、2－5－1節と同じように風向を朝9時から18時と、18時から9時に分けて示した。図138は、1日の各時刻に対する風向を示した。図137と図138から、12月は11月のように、季節風の影響が大きく夜間は東風と西風が1：1の割合で、日中はほぼ西風であることがわかる。図139は、12月の風向に対する湿度である。図140は、12月の1ヶ月間の相対湿度の割合を示した。12月は、大地が雪で覆われていた。また、季節風の影響で風が強い日が多かった。

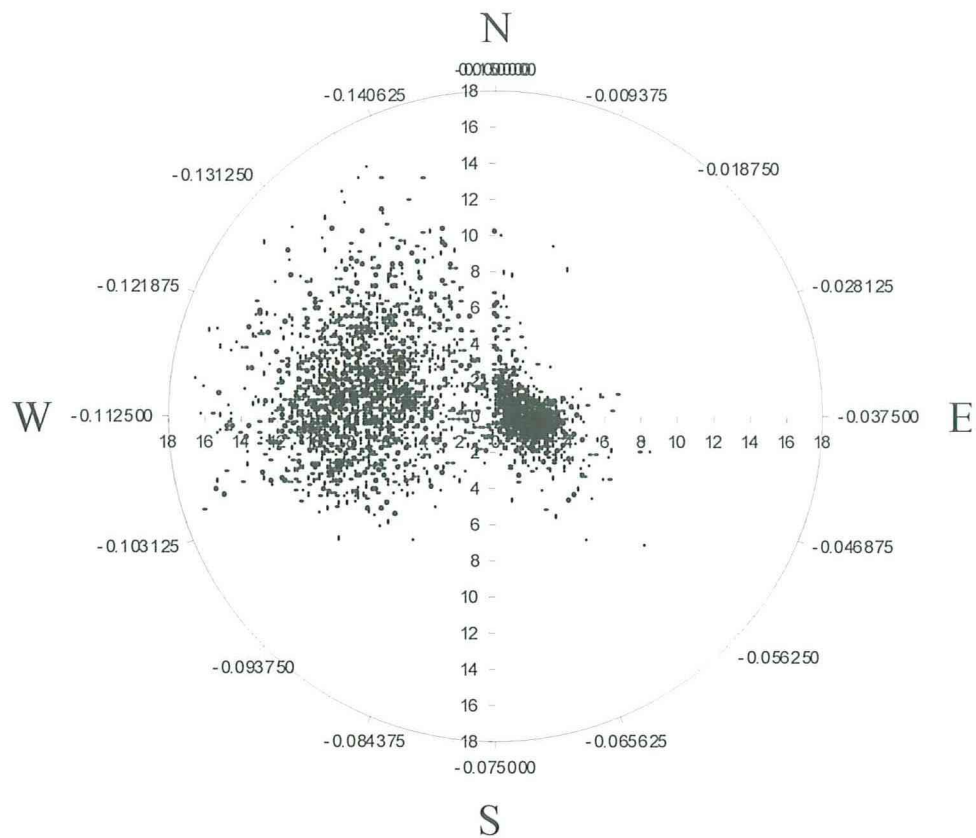


図135 12月の風速vs風向

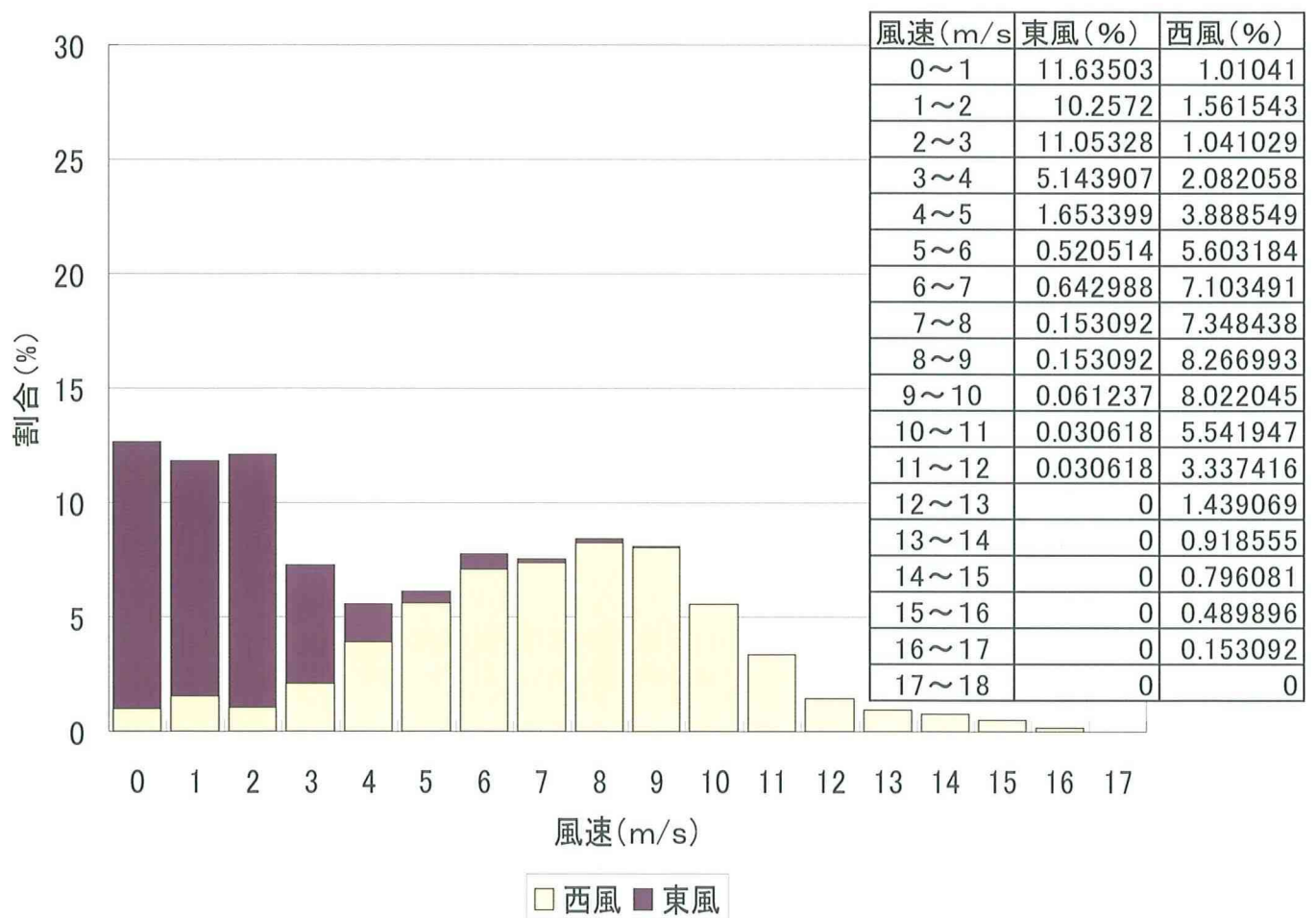


図136 12月の風速割合

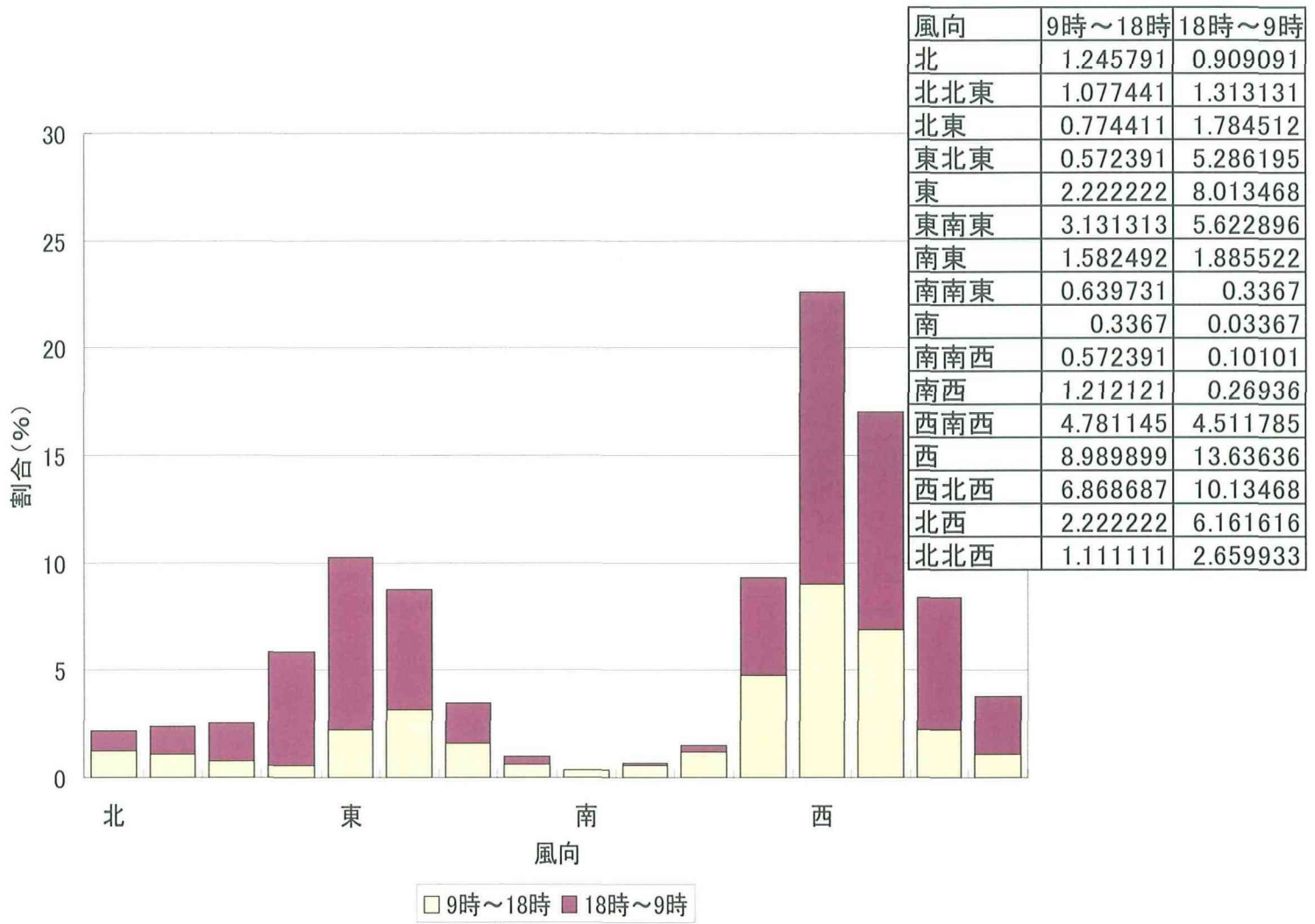


図137 12月の風向割合

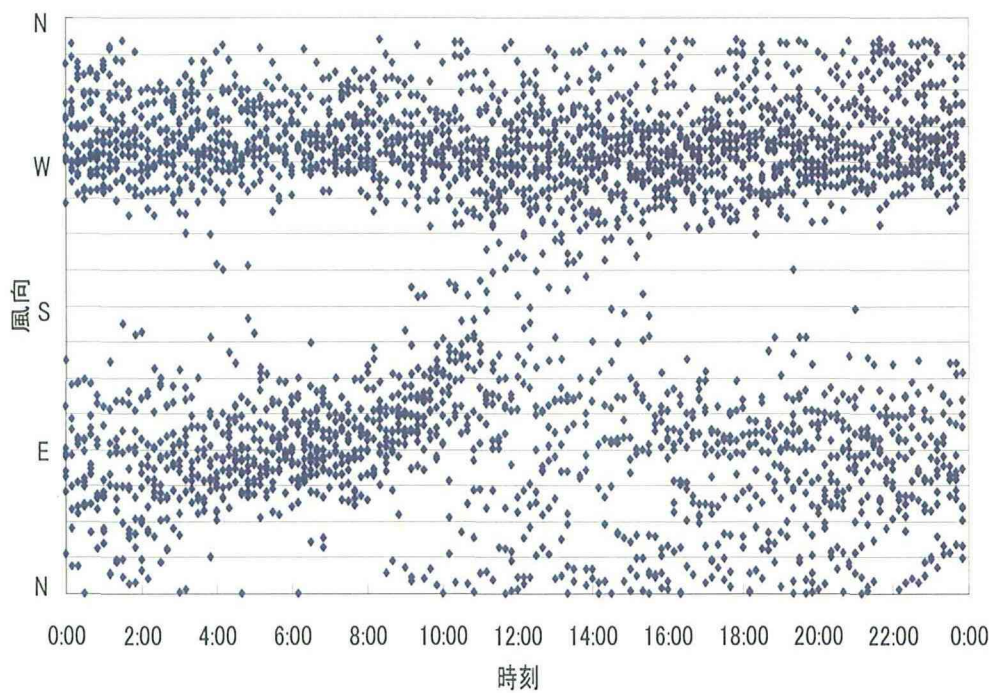


図138 12月の風向vs時刻

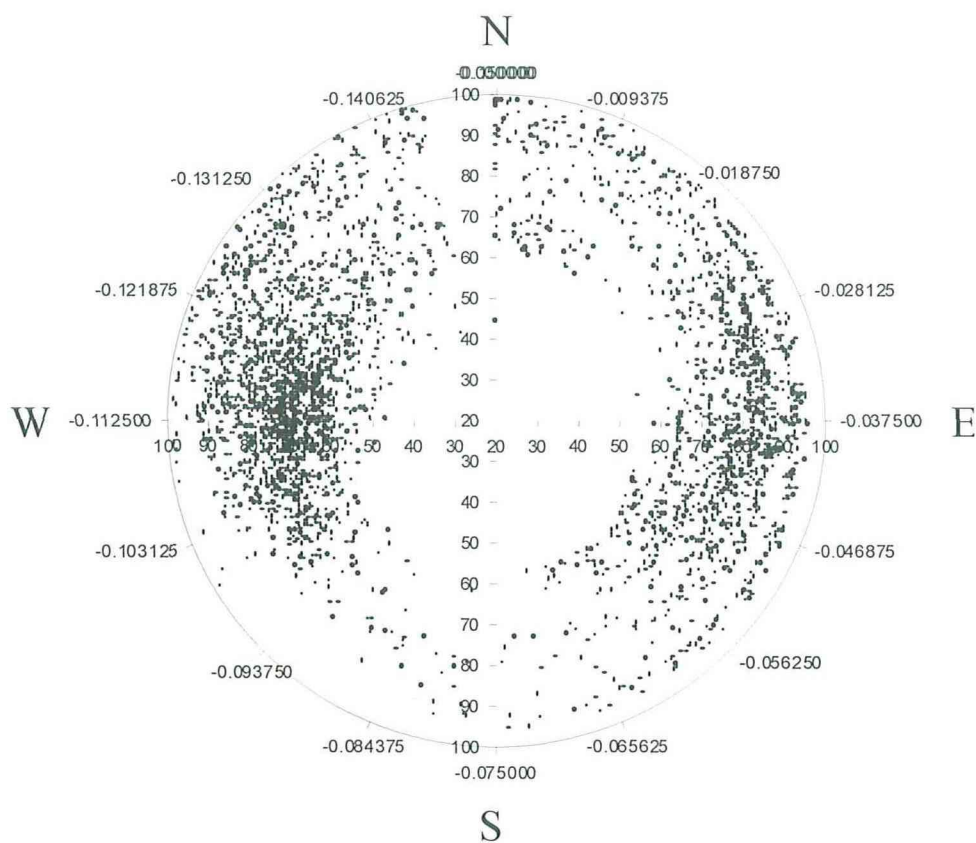


図139 12月の湿度 vs風向

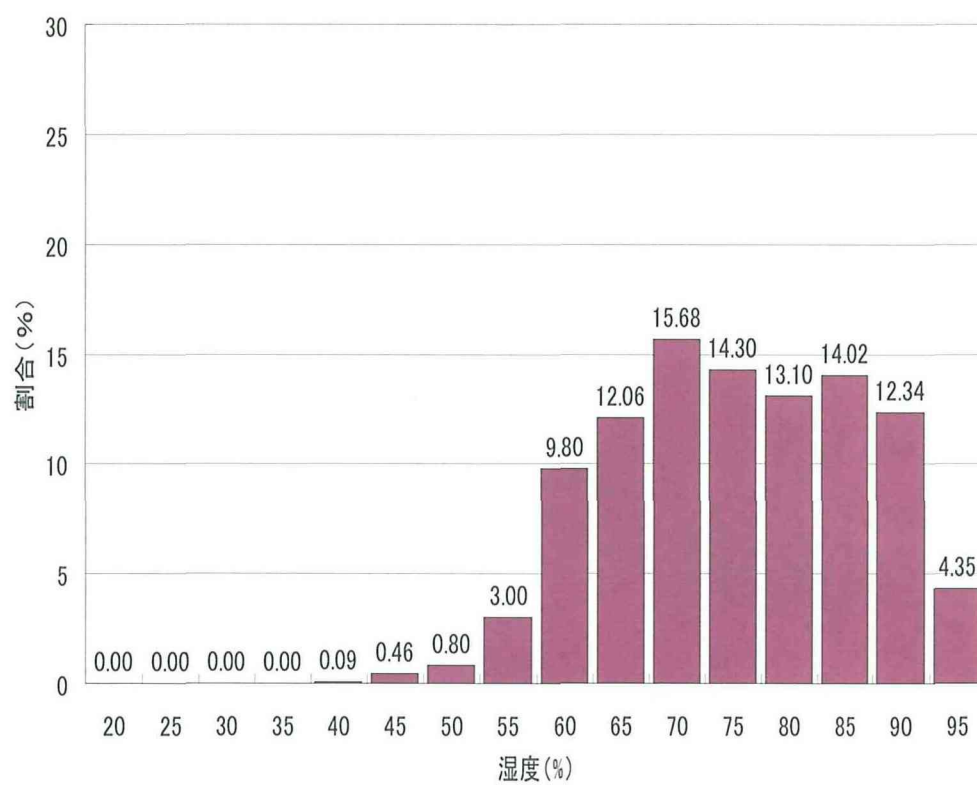


図140 12月の湿度の割合

2-5-8 気象と漏れ抵抗（12月）

（1）風向と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係

図141から図151までは12月の各がいしの風向に対する単位長さ当たりの漏れ抵抗を示す。12月は11月のように季節風の影響で西風が多いので、漏れ抵抗の測定点も西に偏っていた。また、東風に比べて西風の時に漏れ抵抗が低くなっていることがわかる。表4から、12月の漏れ抵抗の最低値は、11月と同じように低い値を示した。すべてのがいしで漏れ抵抗が最低値を示す時、強い西風であった。材質が異なっても風向と漏れ抵抗の関係に大きな違いは見られなかった。

表4. 各がいしの漏れ抵抗最低値と風向、風速、気温(12月)

EPDMがいし	7.15E+03	0.113075	西	9.85
Porcelainがいし	2.99E+03	0.122027	西北西	9.82
EVAがいし	4.03E+03	0.122027	西北西	9.82
HTV-ASがいし	9.37E+03	0.119174	西北西	6.54
RTV-RSがいし	7.62E+03	0.123436	西北西	6.45
HTV-RSがいし	4.94E+03	0.116582	西	3.72
耐塩がいし	2.11E+03	0.125805	西北西	9.99
標準がいし	2.17E+03	0.125805	西北西	9.99
HI-ASがい管	2.83E+02	0.106184	西南西	14.31
HI-RSがい管	2.05E+03	0.106184	西南西	14.31

（HTV-RSは、1つ前のデータでは風速8.11m/sであった）

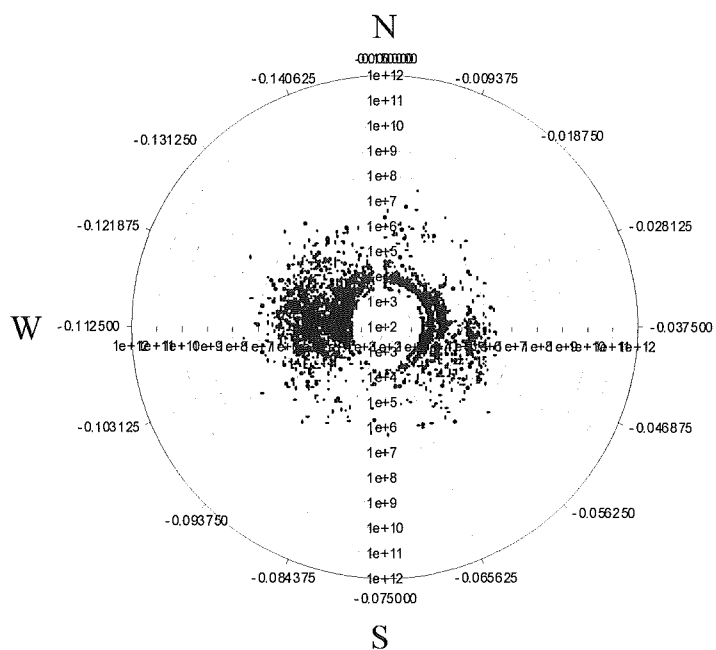


図141 標準の単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

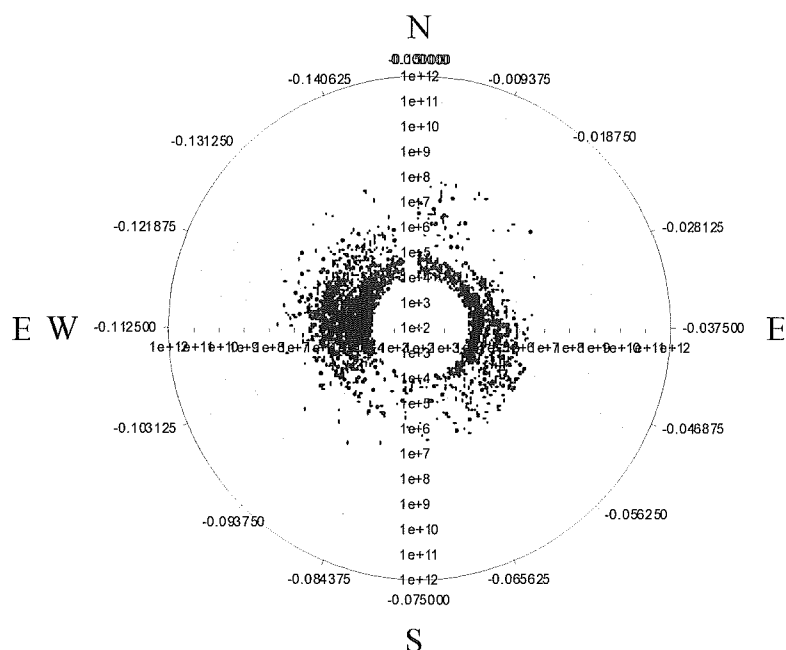


図142 SiRの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

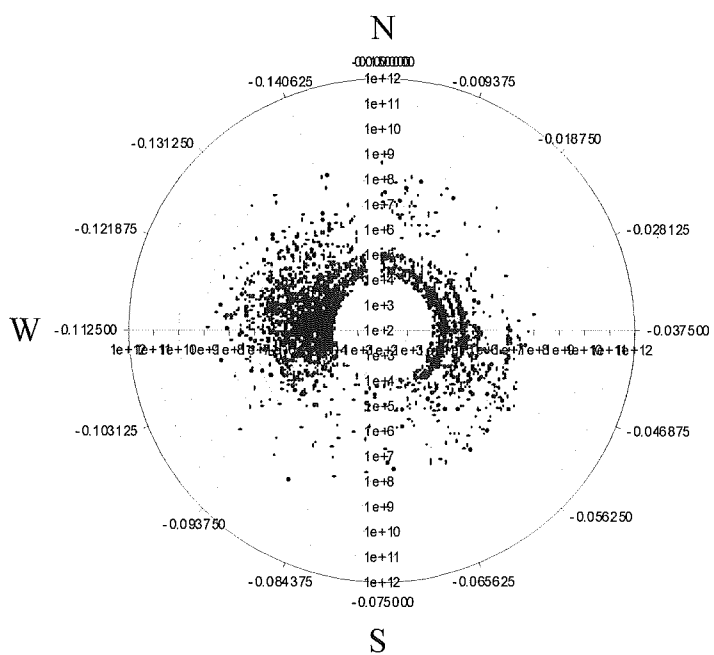


図143 EPDMの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

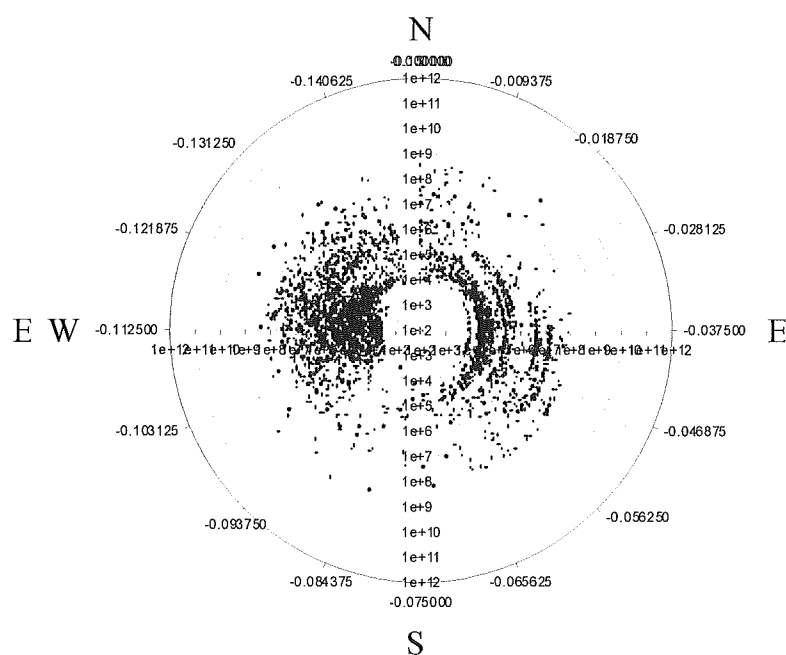


図144 Porcelainの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

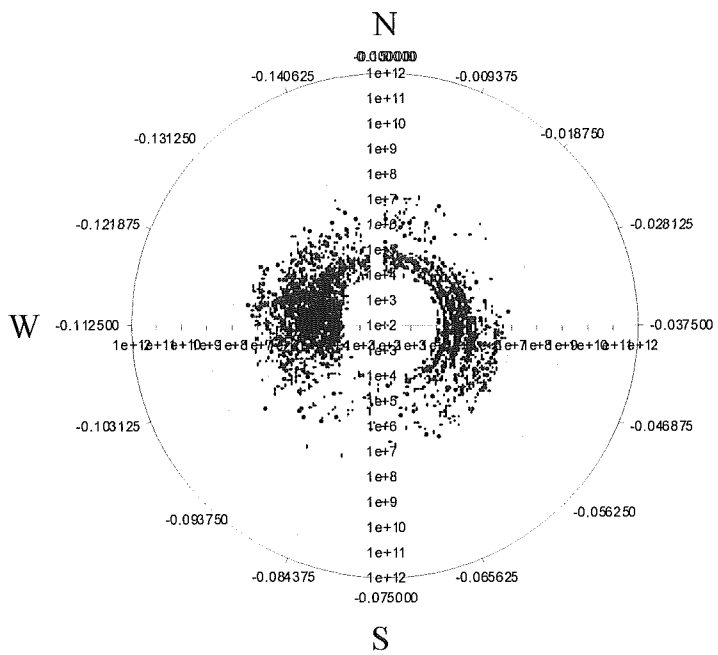


図145 EVAの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

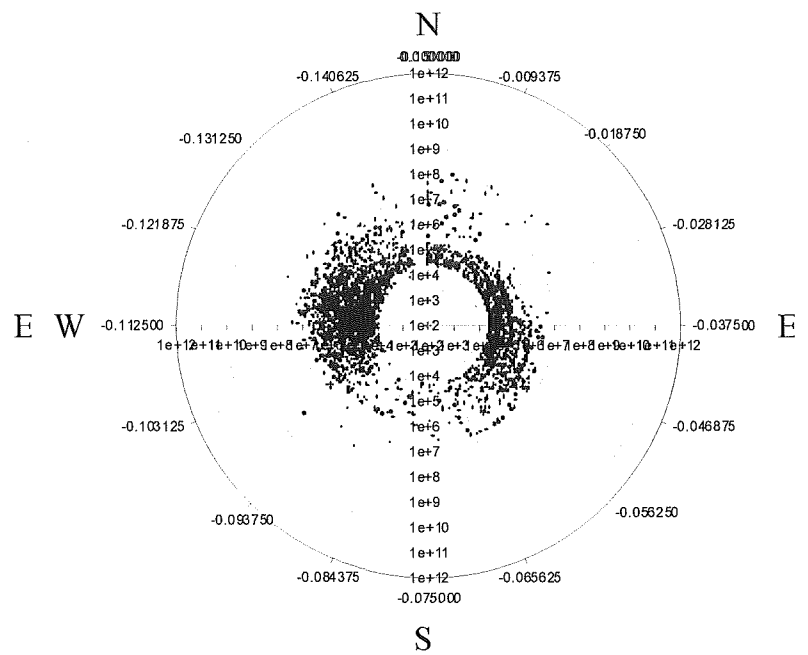


図146 HTV-ASの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

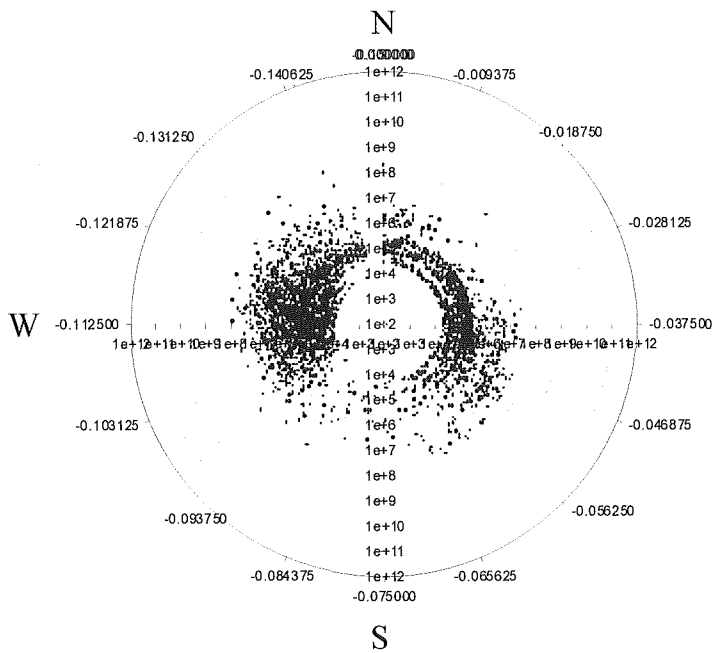


図147 RTV-RSの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

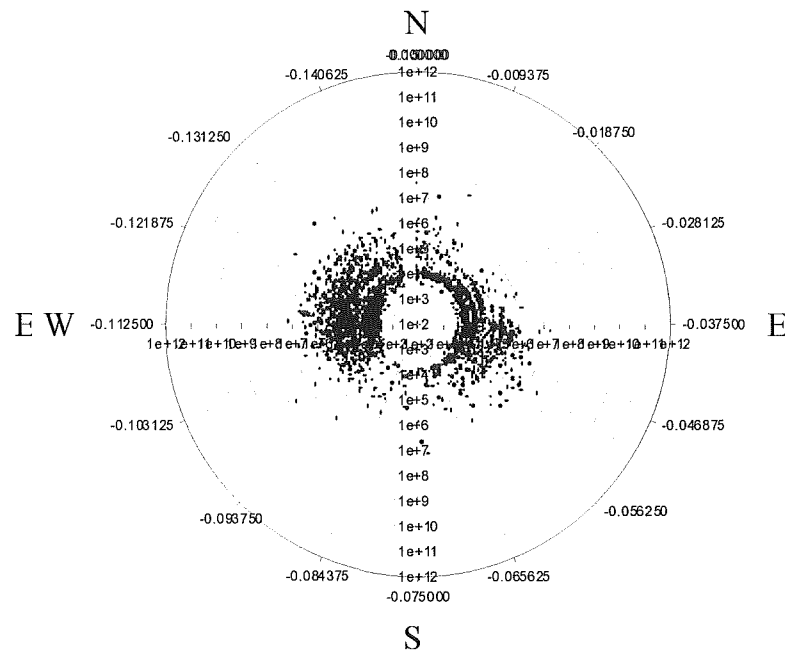


図148 耐塩の単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

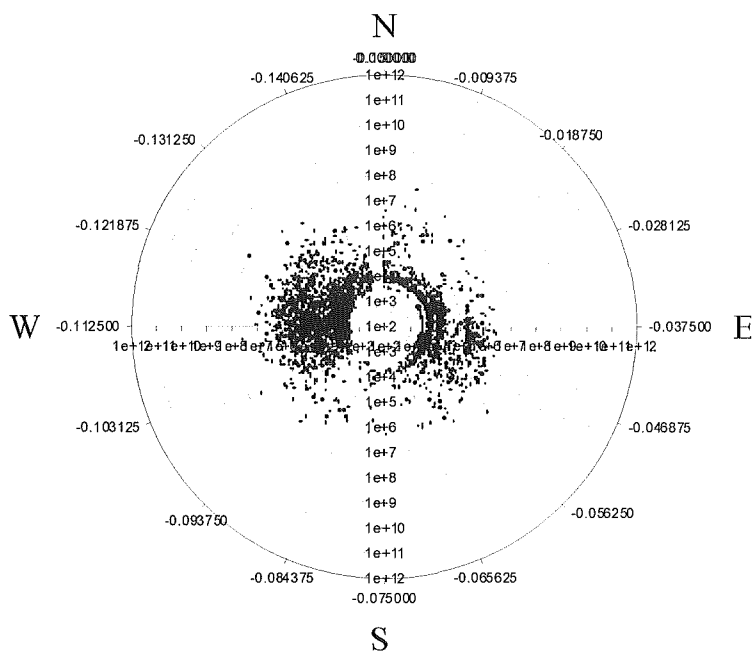


図149 標準の単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

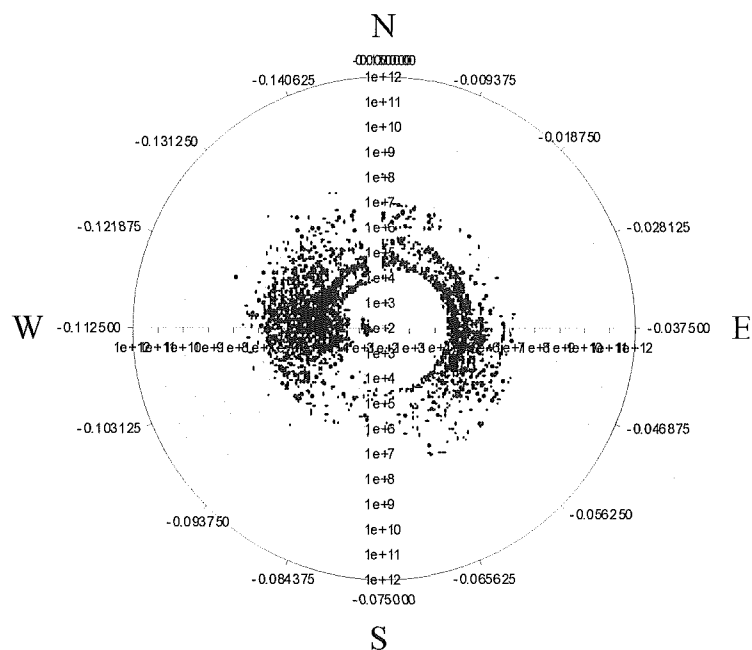


図150 HI-ASの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

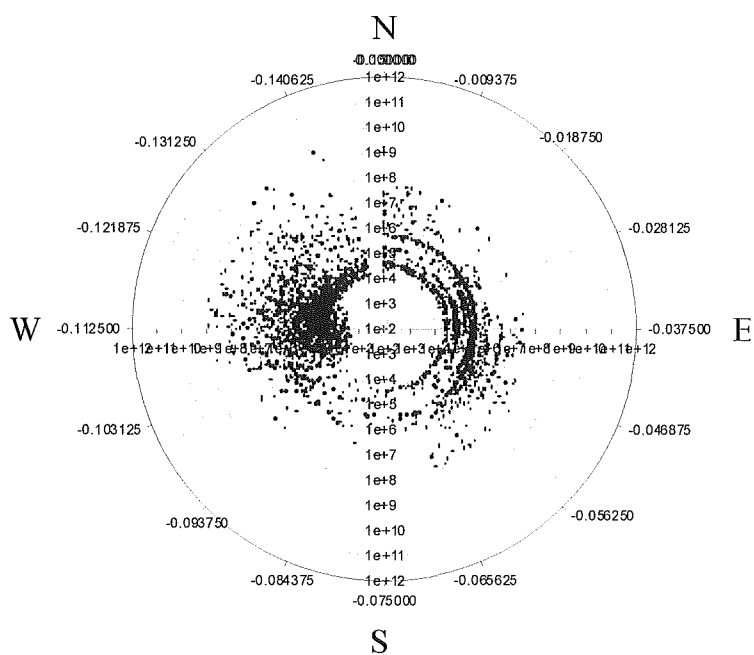


図151 HI-RSの単位長さ当たりの
漏れ抵抗vs風向(12月)

(2) 相対湿度と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係

図152から図162に各がいしの相対湿度と単位長さ当たりの漏れ抵抗の関係を示した。すべてのがいしで漏れ抵抗と湿度の関係は、湿度75%以上でほぼ同じ低い値になった。これは2-5-2節で述べたように、塩化ナトリウムの潮解が湿度75%^(3, 4)から始まるためだと考えられる。シリコーンゴム材質のSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗は、 $10^8 \Omega/\text{cm} \sim 5 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。同じシリコーンゴム材質のHI-RSがい管の漏れ抵抗は、 $10^9 \Omega/\text{cm} \sim 2 \times 10^4 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。HI-ASがい管は、 $10^9 \Omega/\text{cm} \sim 3 \times 10^2 \Omega/\text{cm}$ オーダで湿度変化に対して漏れ抵抗変化が大きかった。これは融雪による漏れ抵抗の低下が大きいことが考えられる。EPDMがいし、EVAがいしの漏れ抵抗は、 $10^9 \Omega/\text{cm} \sim 5 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。Porcelainがいしは、 $10^9 \Omega/\text{cm} \sim 3 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。耐塩がいし、標準がいしの漏れ抵抗値は $10^7 \Omega/\text{cm} \sim 2 \times 10^3 \Omega/\text{cm}$ オーダを示した。漏れ抵抗の低い値は、HI-ASがい管、HI-RSがい管の次に、磁器製のPorcelainがいし、耐塩がいし、標準がいしの3種類が低く、SiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、EPDMがいし、EVAがいしの6種類がほぼ同じ低いレベルの値を示した。

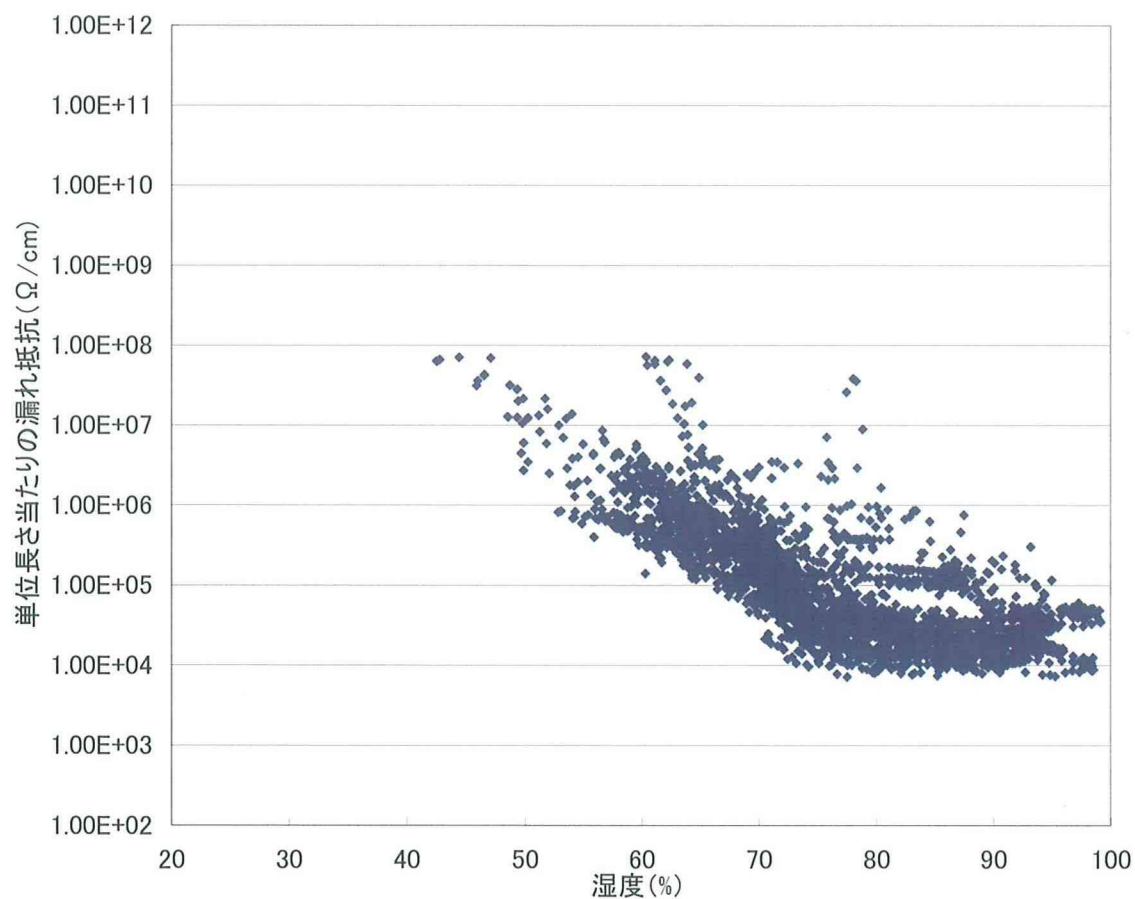


図152 SiRがいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

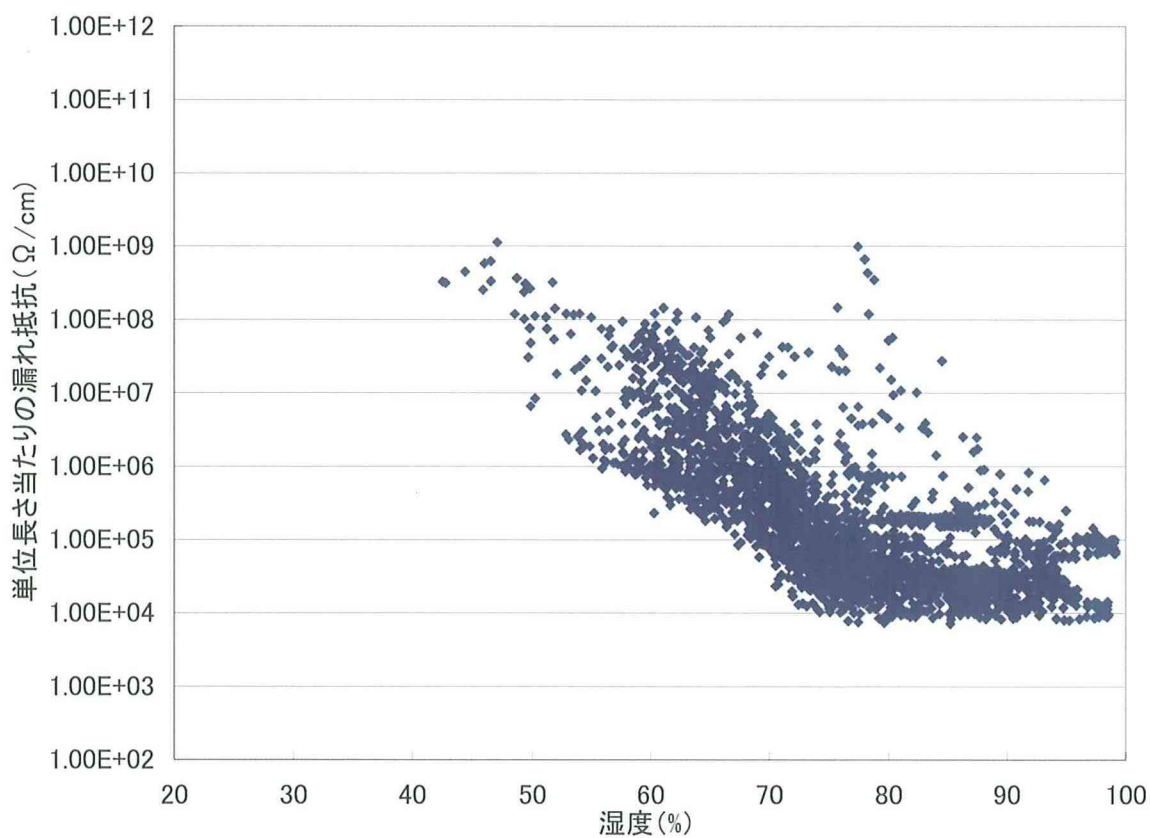


図153 EPDMがいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

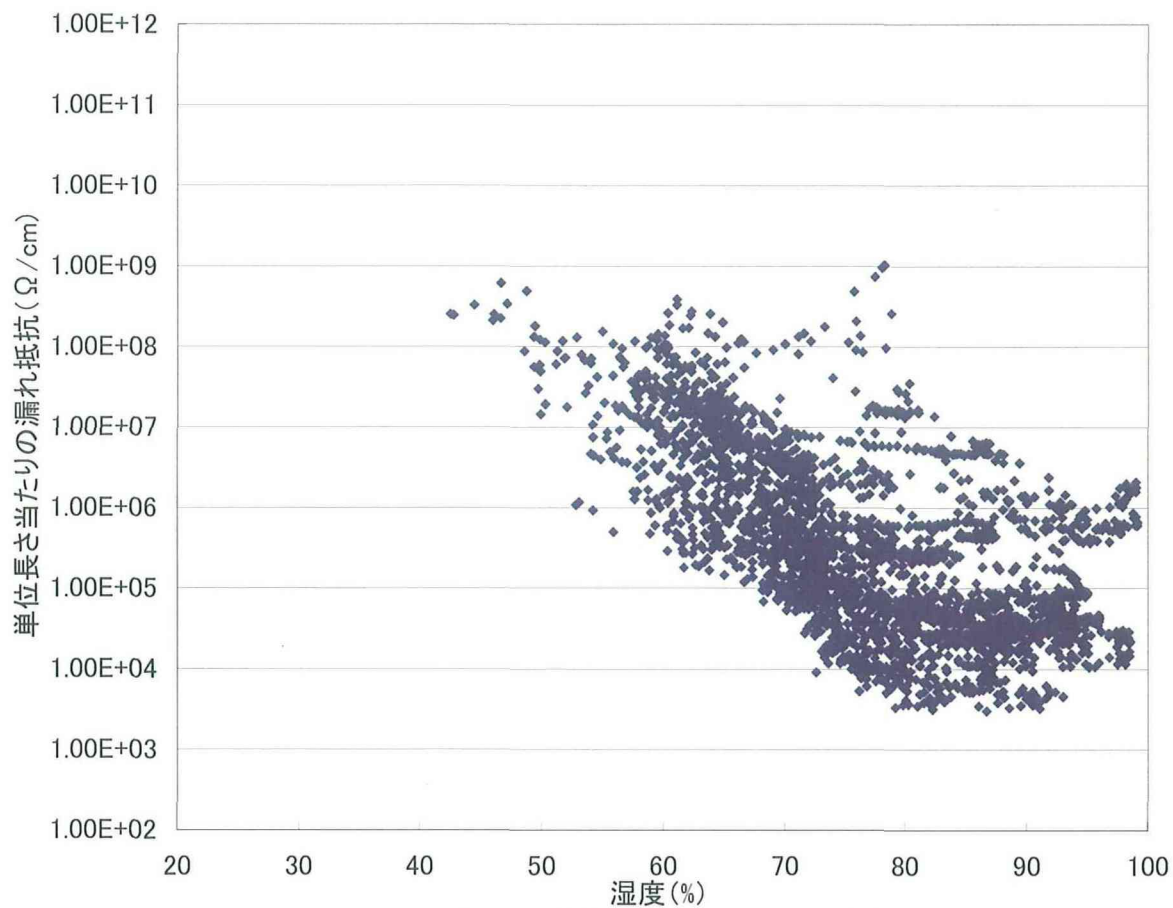


図154 Porcelainがいの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

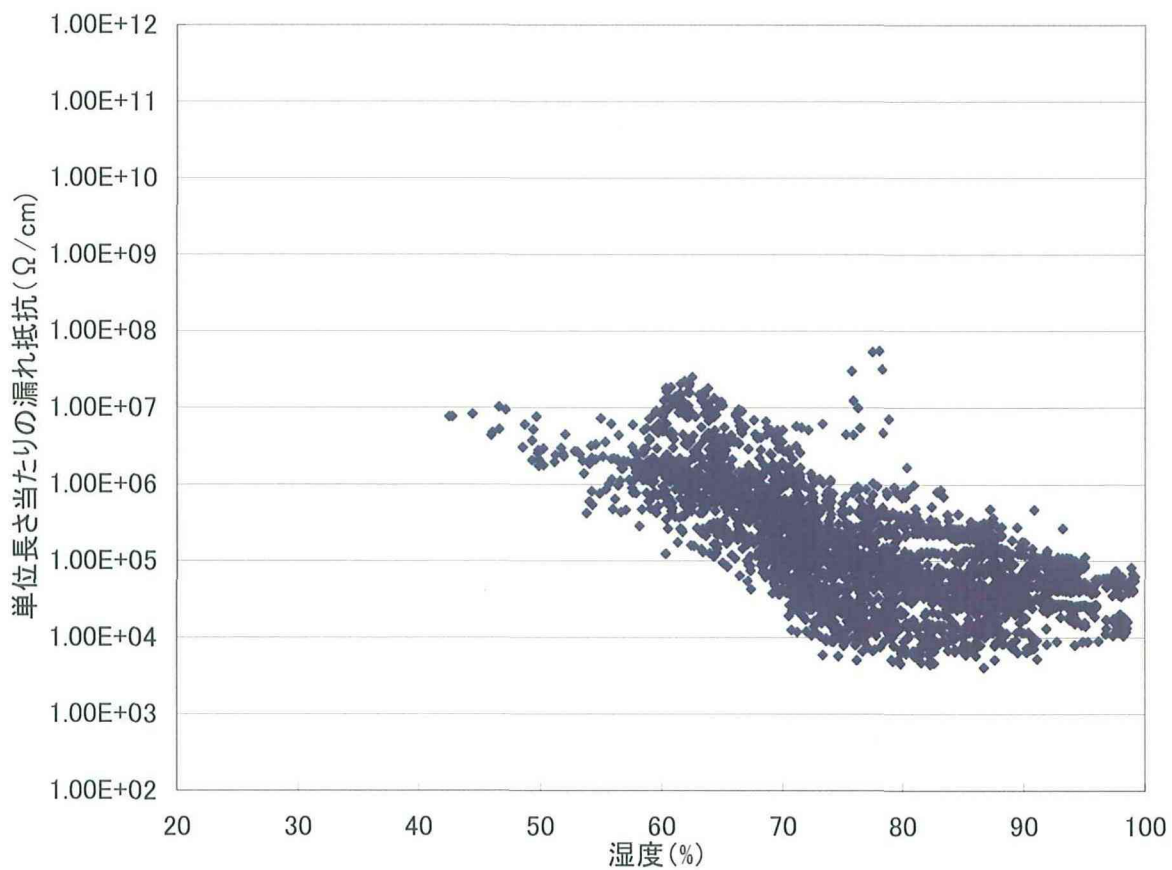


図155 EVAがいの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

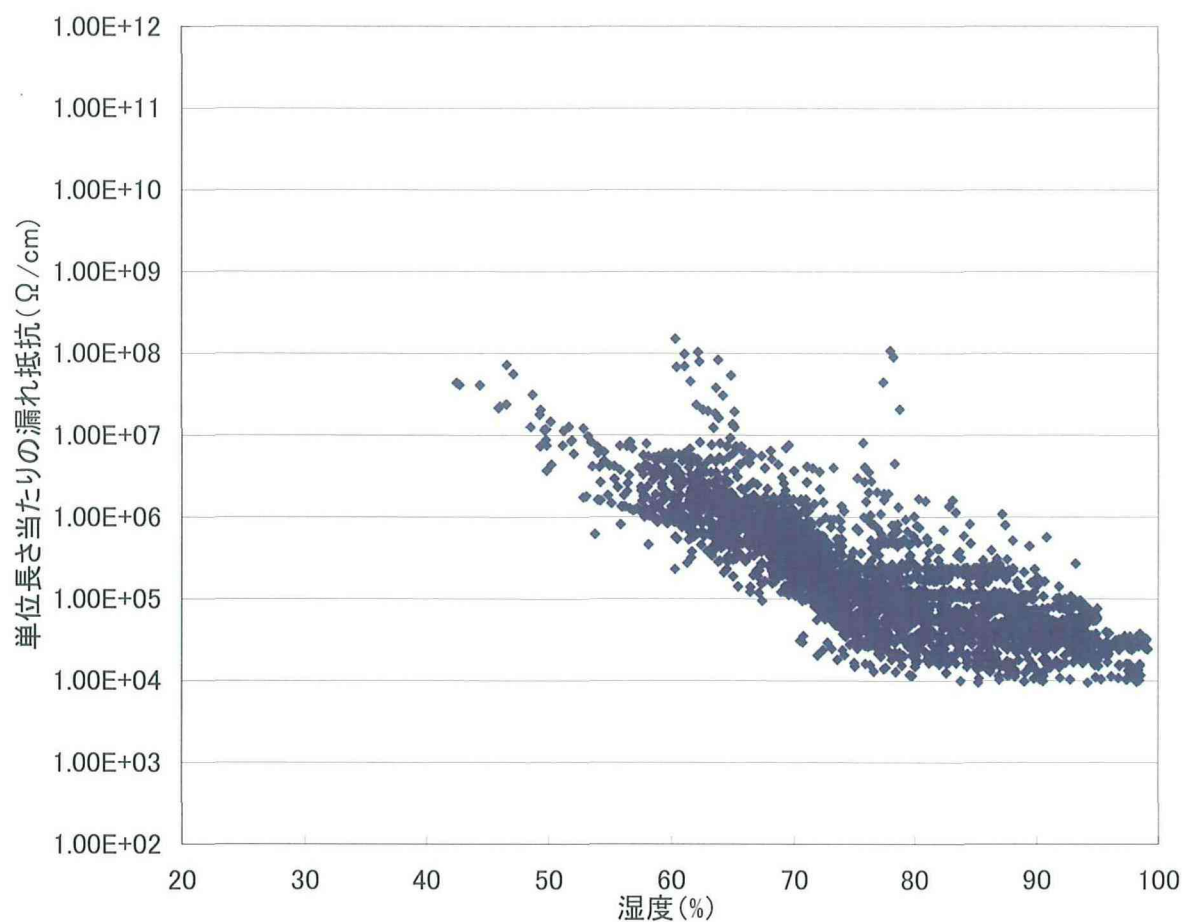


図156 HTV-ASがいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

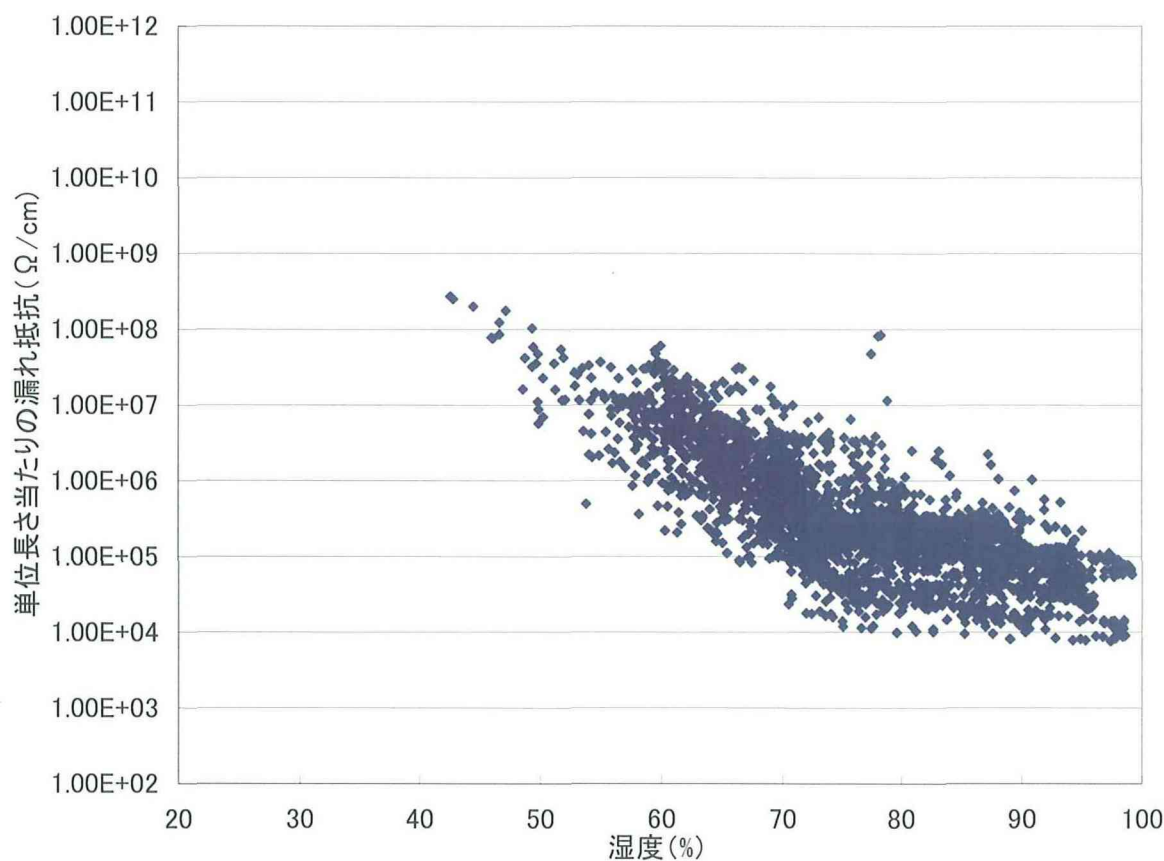


図157 RTV-RSがいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

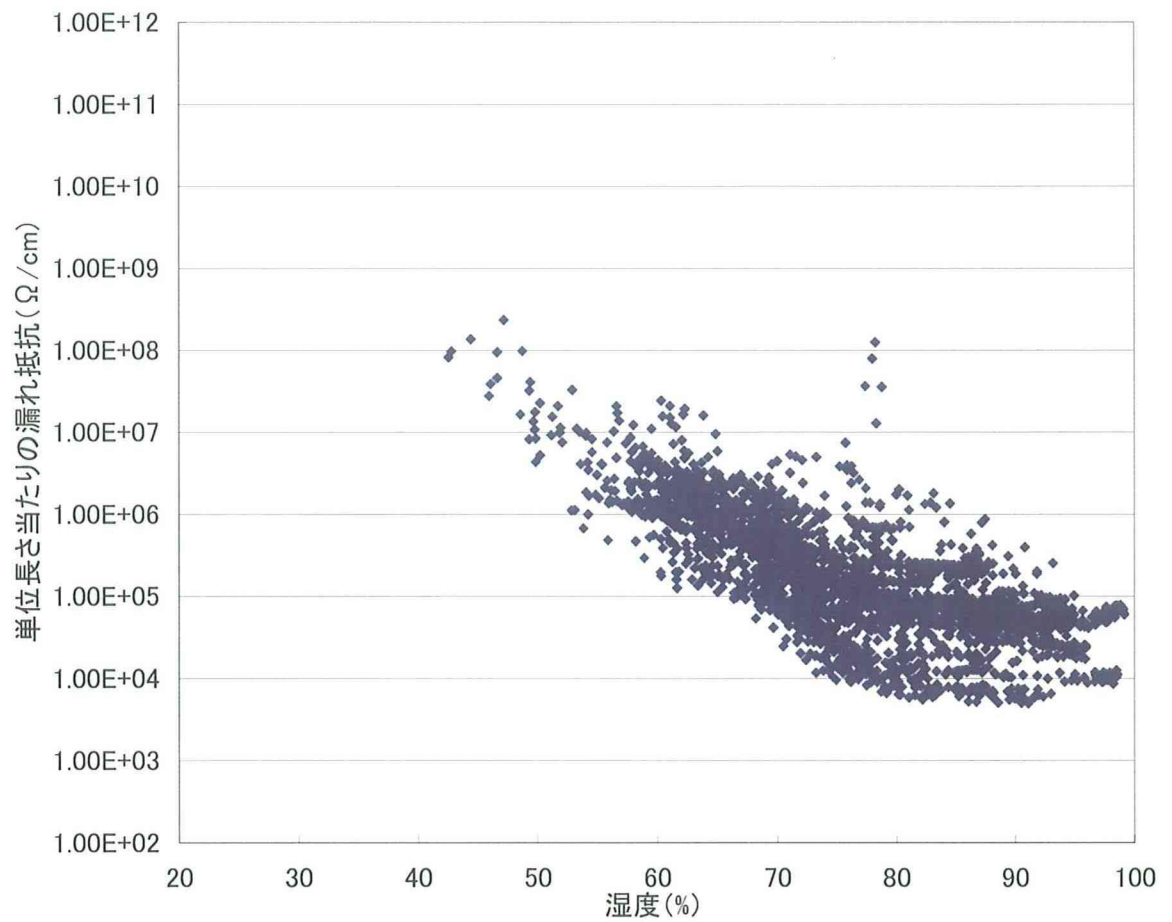


図158 HTV-RSがいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

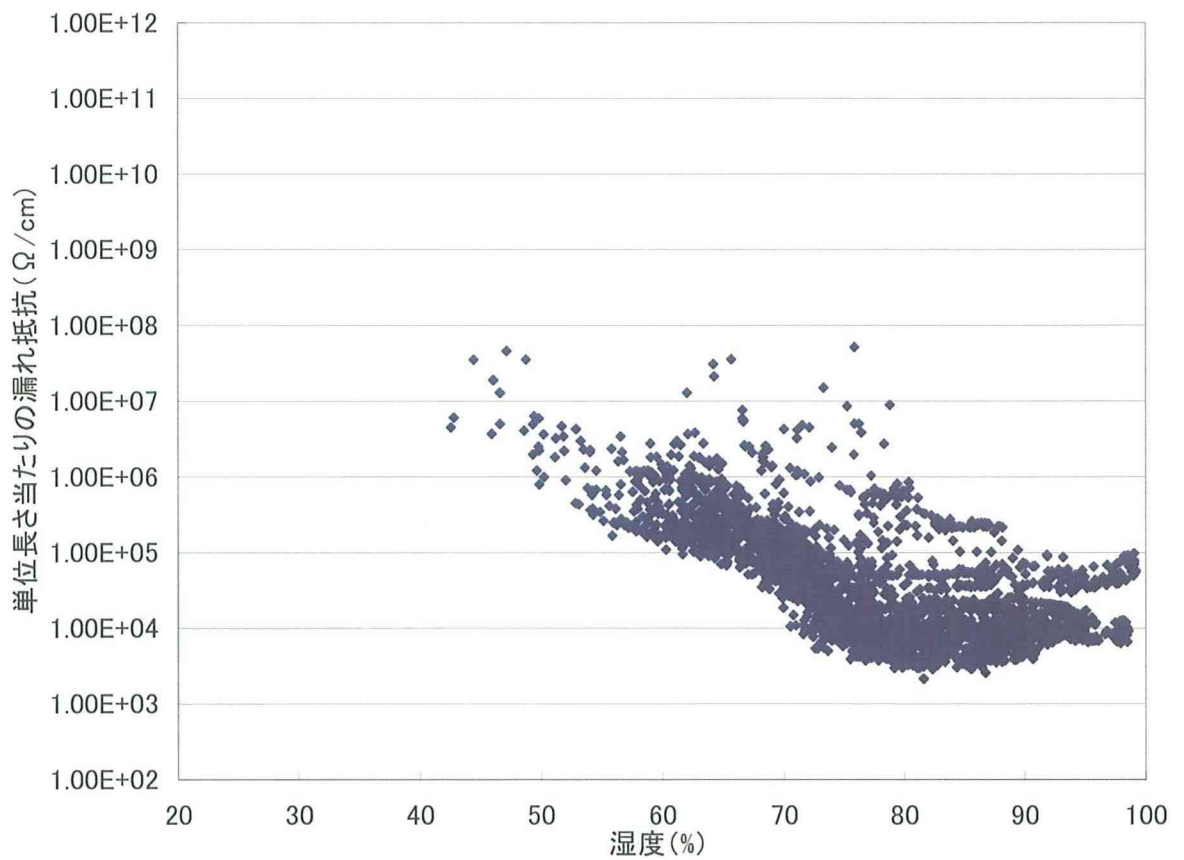


図159 耐塩がいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

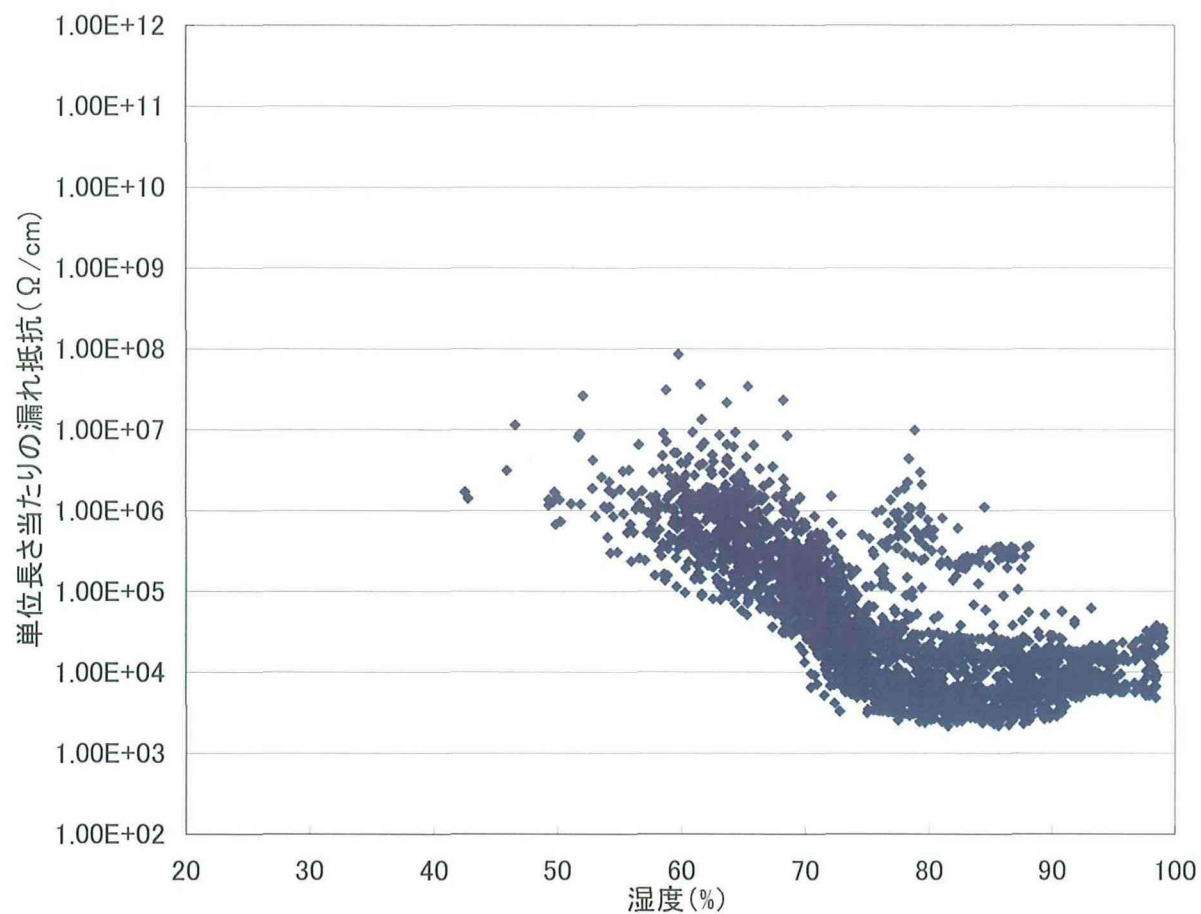


図160 標準がいしの単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

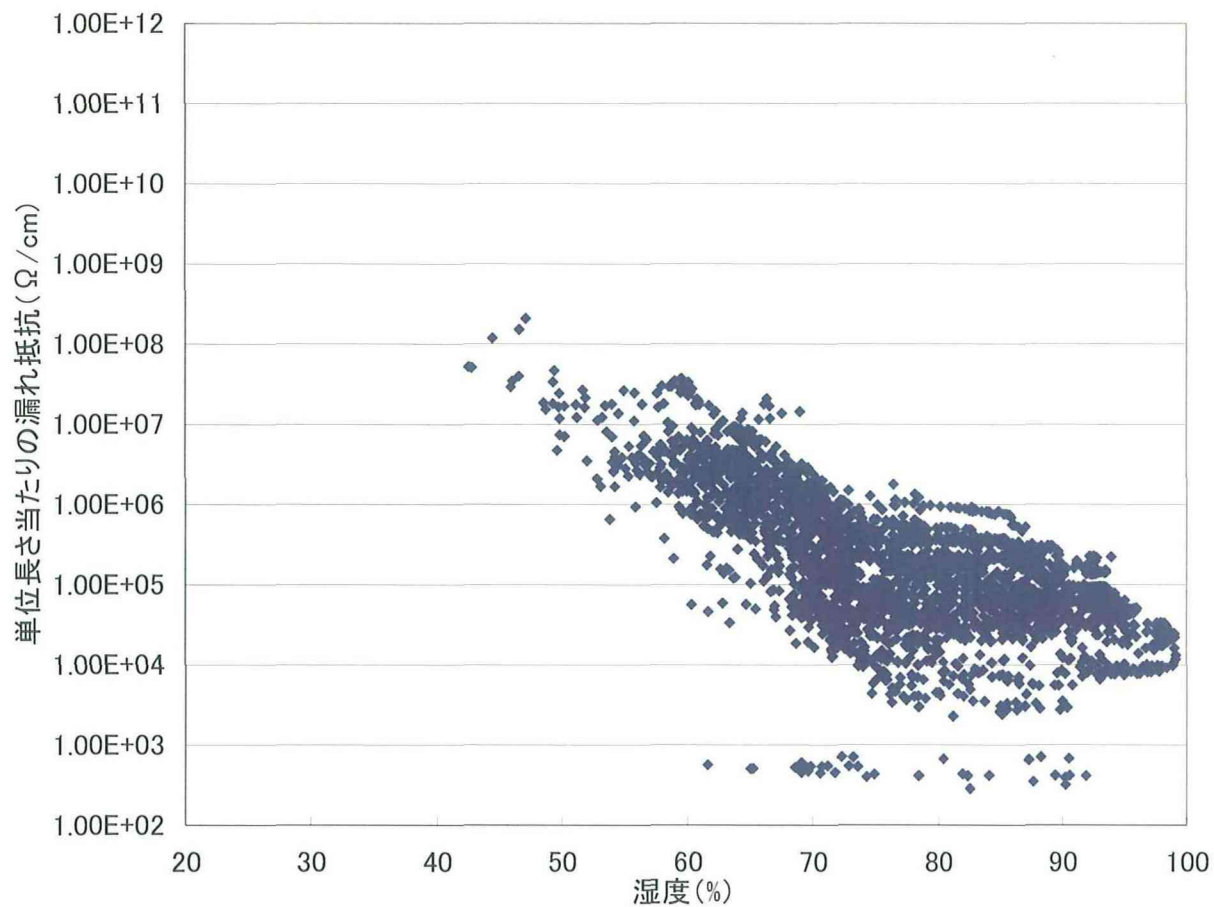


図161 HI-ASがい管の単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

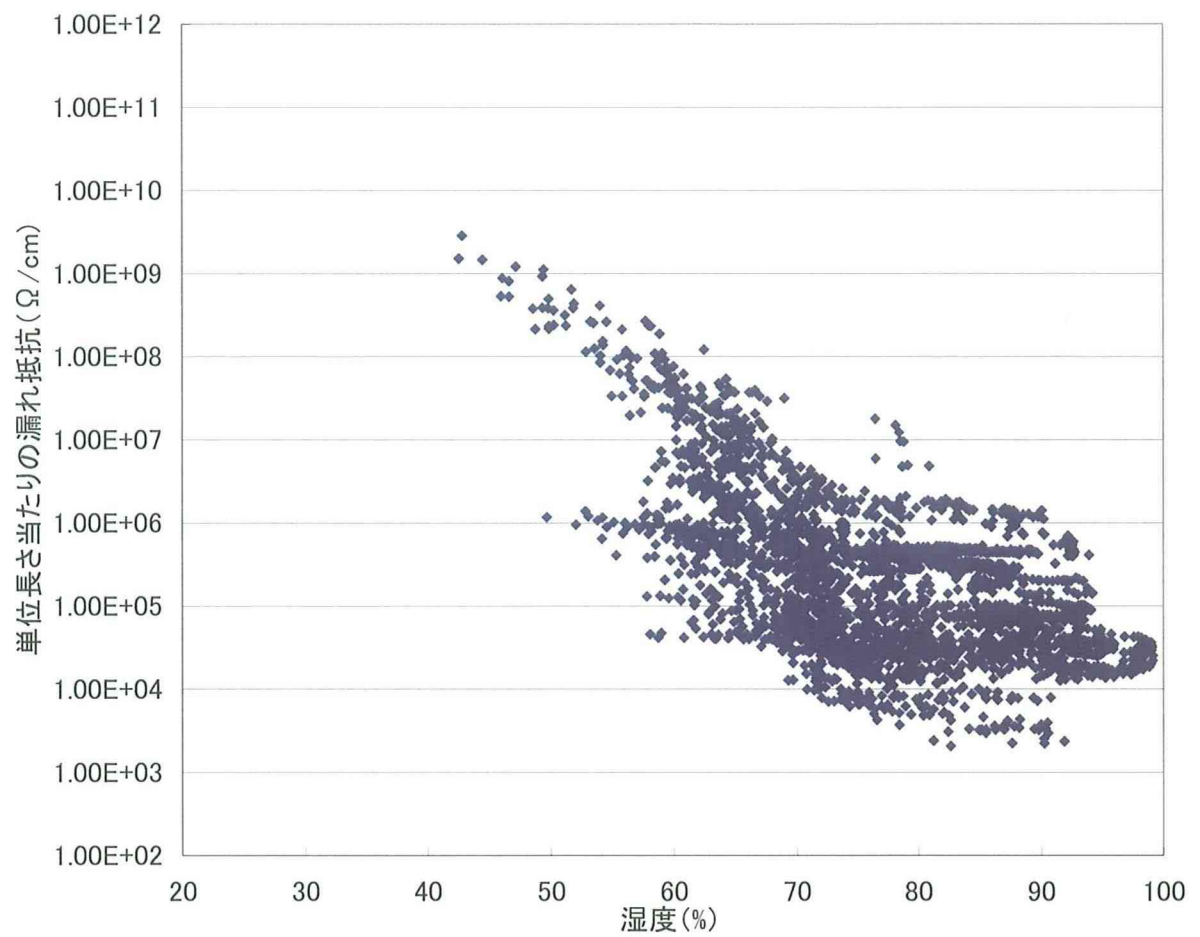


図162 HI-RSがい管の単位長さあたりの漏れ抵抗と湿度の関係(12月)

(3) 1日の漏れ抵抗変化量と湿度変化量

図163から図173に各がいしの1日の湿度変化と単位長さ当たりの漏れ抵抗変化を示す。12月のほとんどの日で、各がいしの漏れ抵抗値が低かった。これは、12月は強い西風でがいしに雪が付着してがいし表面を湿潤し、漏れ抵抗の低下を引き起こしたことが考えられる。また、海からの強い風が吹くので雪は塩粒子を多く含んでいたと考えられ、そのために低い漏れ抵抗値を示したと考えられる。HI-ASがい管、HI-RSがい管は、12月16日に低い値を示した。これは、12月の中で西風が強い日であった。11月と同じように雪が降る時や解ける時に、漏れ抵抗値が低下したと考えられる。EVAがいし、EPDMがいし、Porcelainがいしの1日の漏れ抵抗変化が大きかった。また、シリコーンゴム材質のSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、HI-ASがい管、HI-RSがい管の1日の漏れ抵抗変化は、磁器製の標準がいしと耐塩がいしの漏れ抵抗変化とほぼ同じ程度であった。

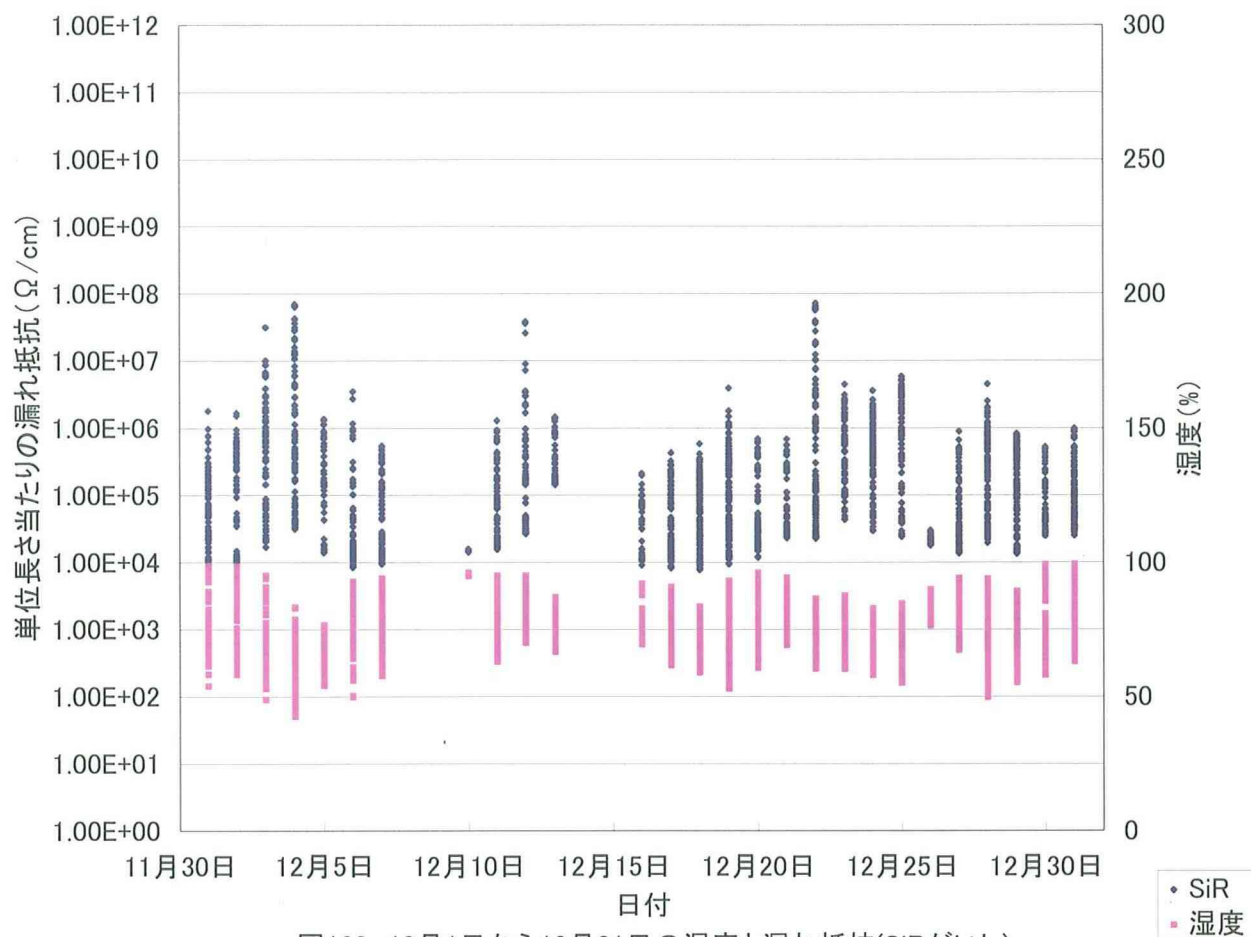


図163 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(SiRがいし)

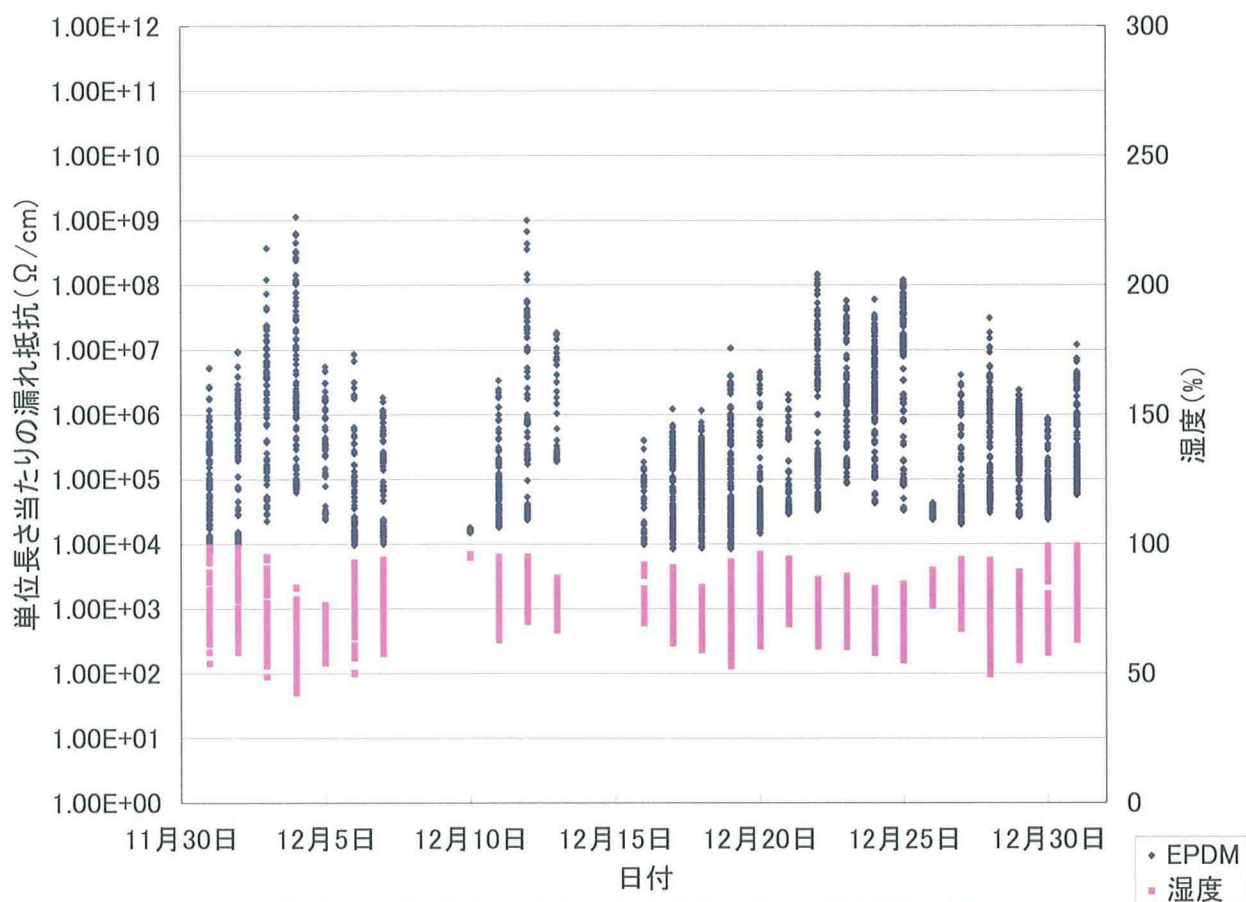


図164 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(EPDMがいし)

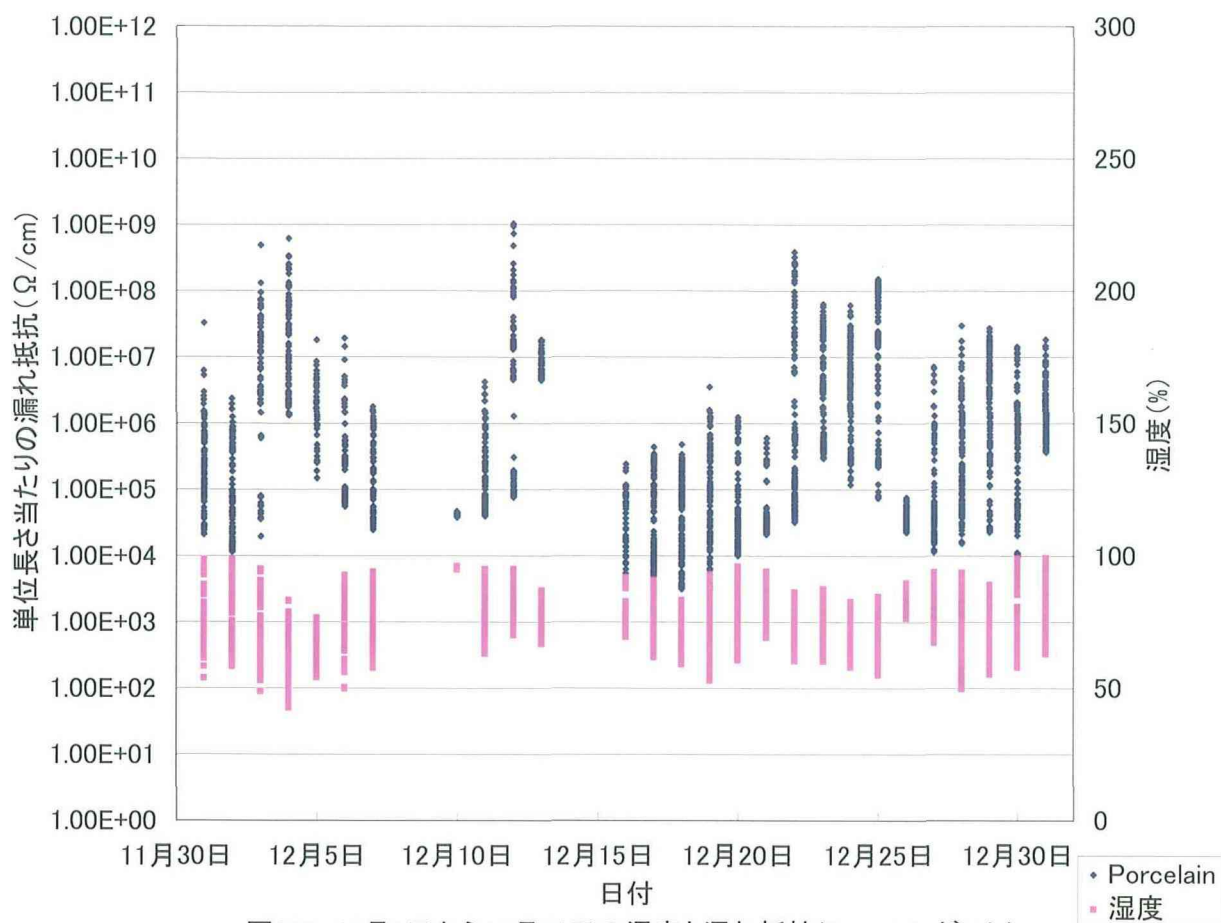


図165 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(Porcelainがいし)

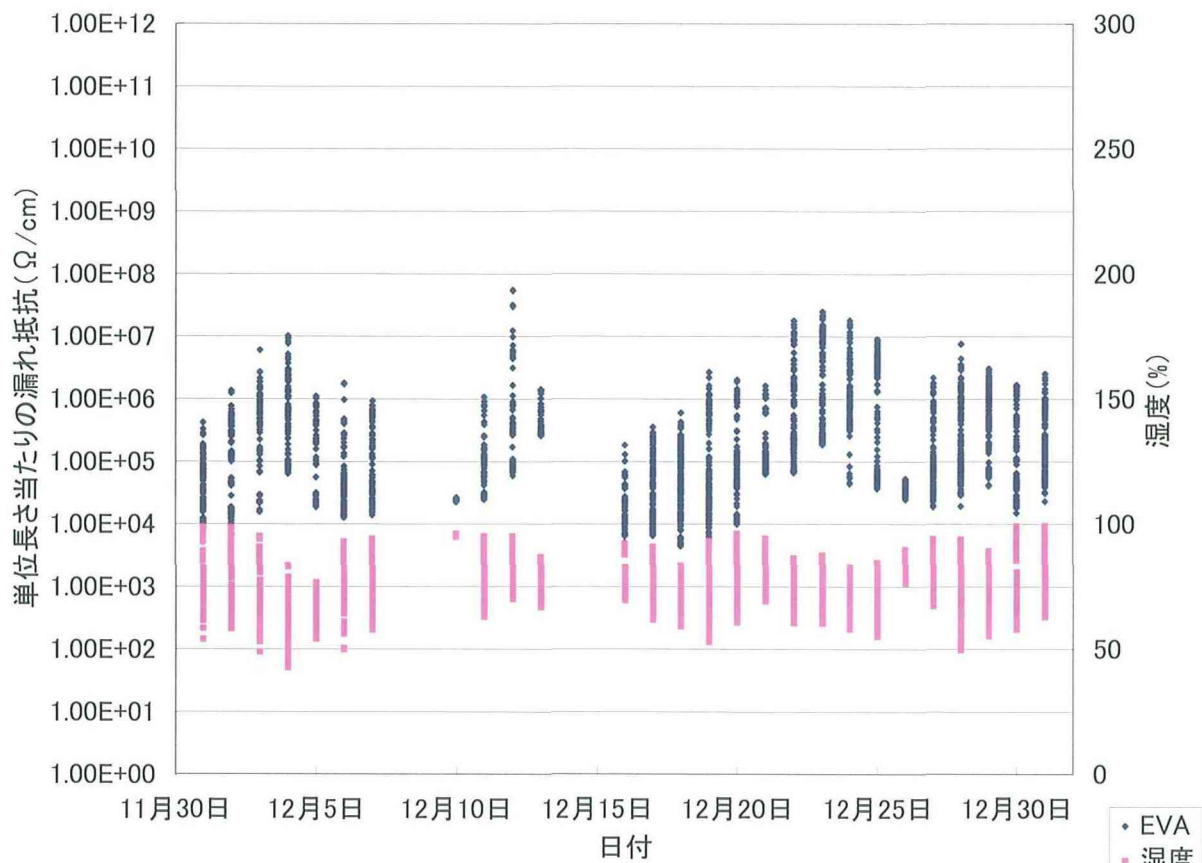


図166 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(EVAがいし)

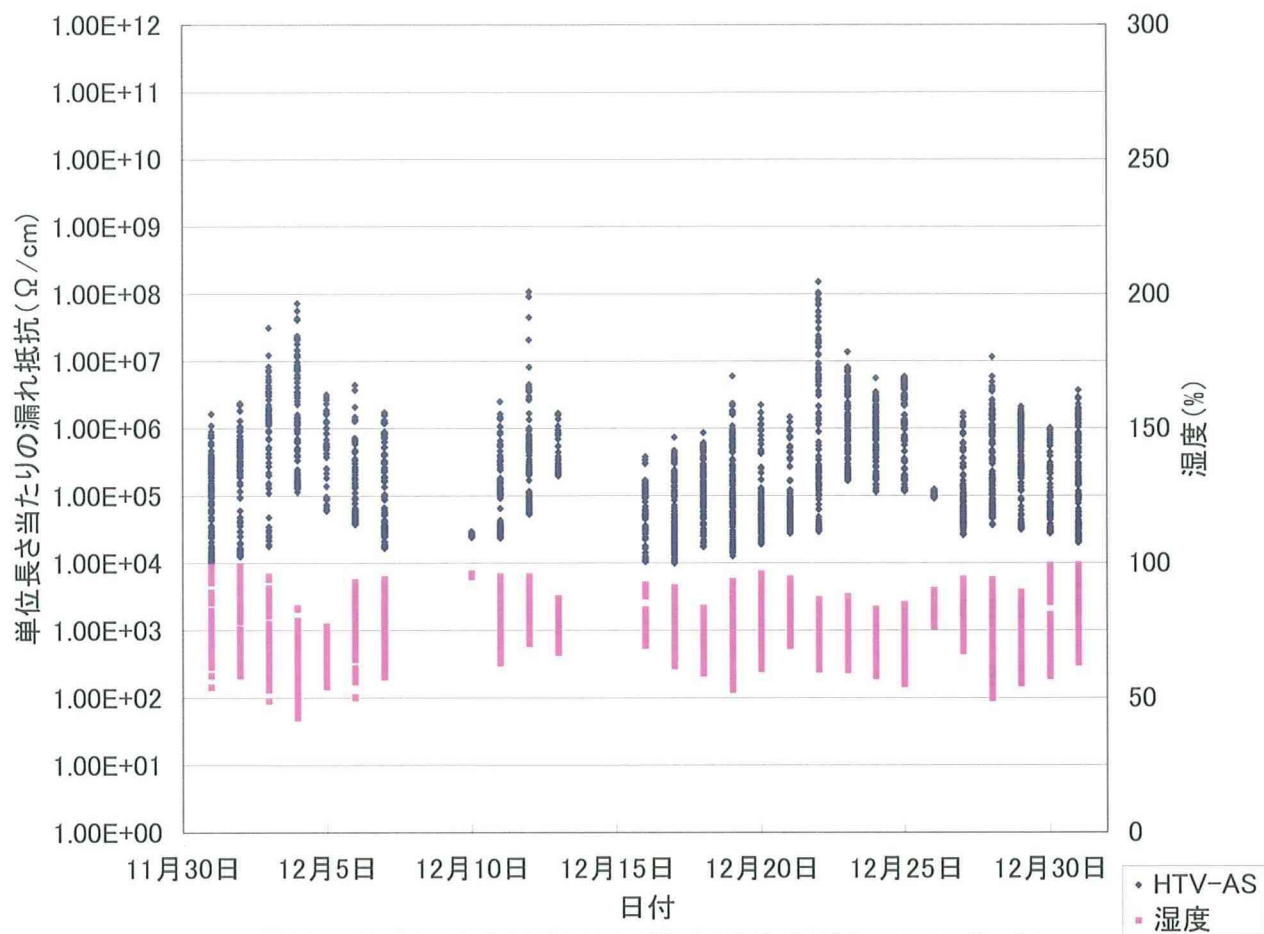


図167 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(HTV-ASがいし)

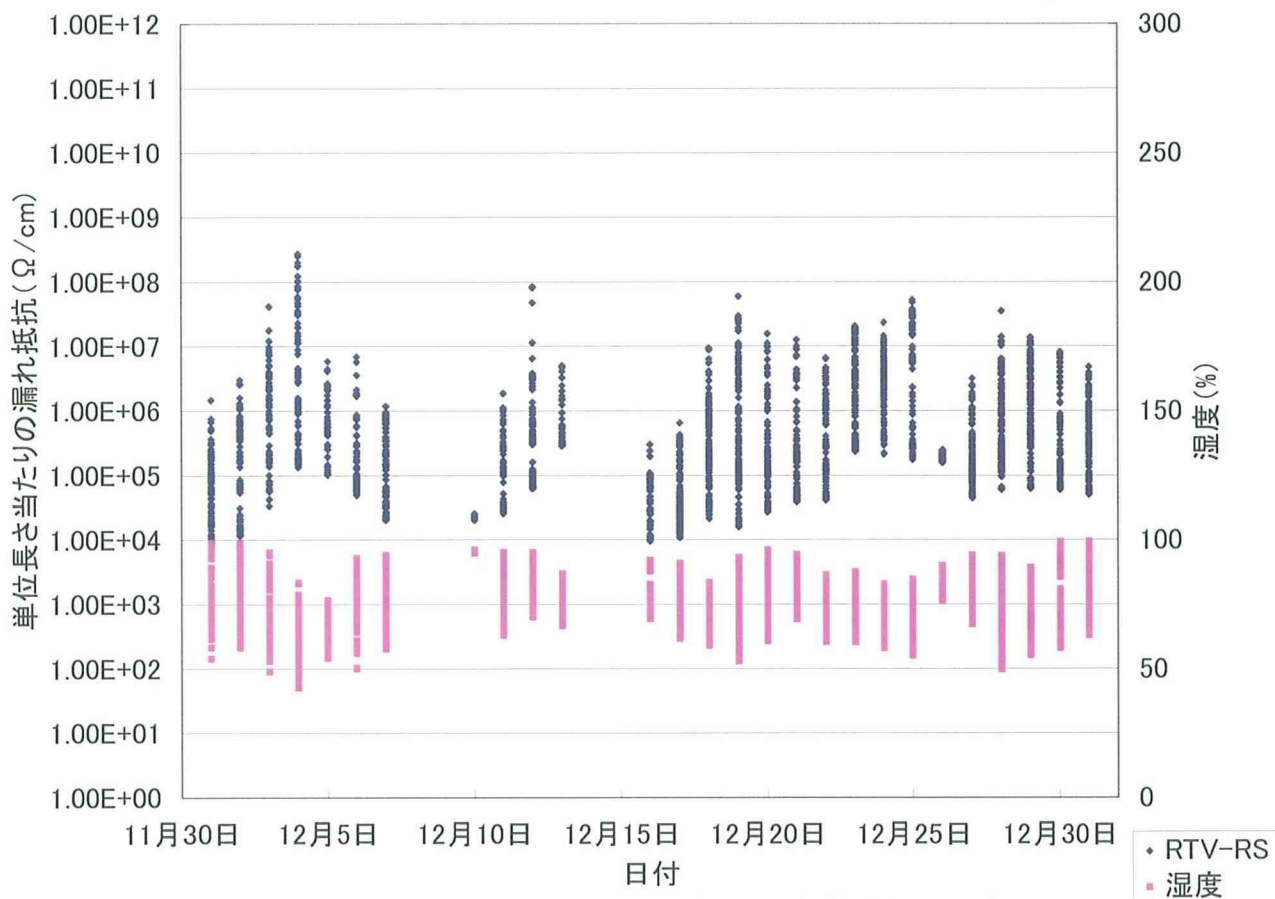


図168 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(RTV-RSがいし)



図169 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(HTV-RSがいし)

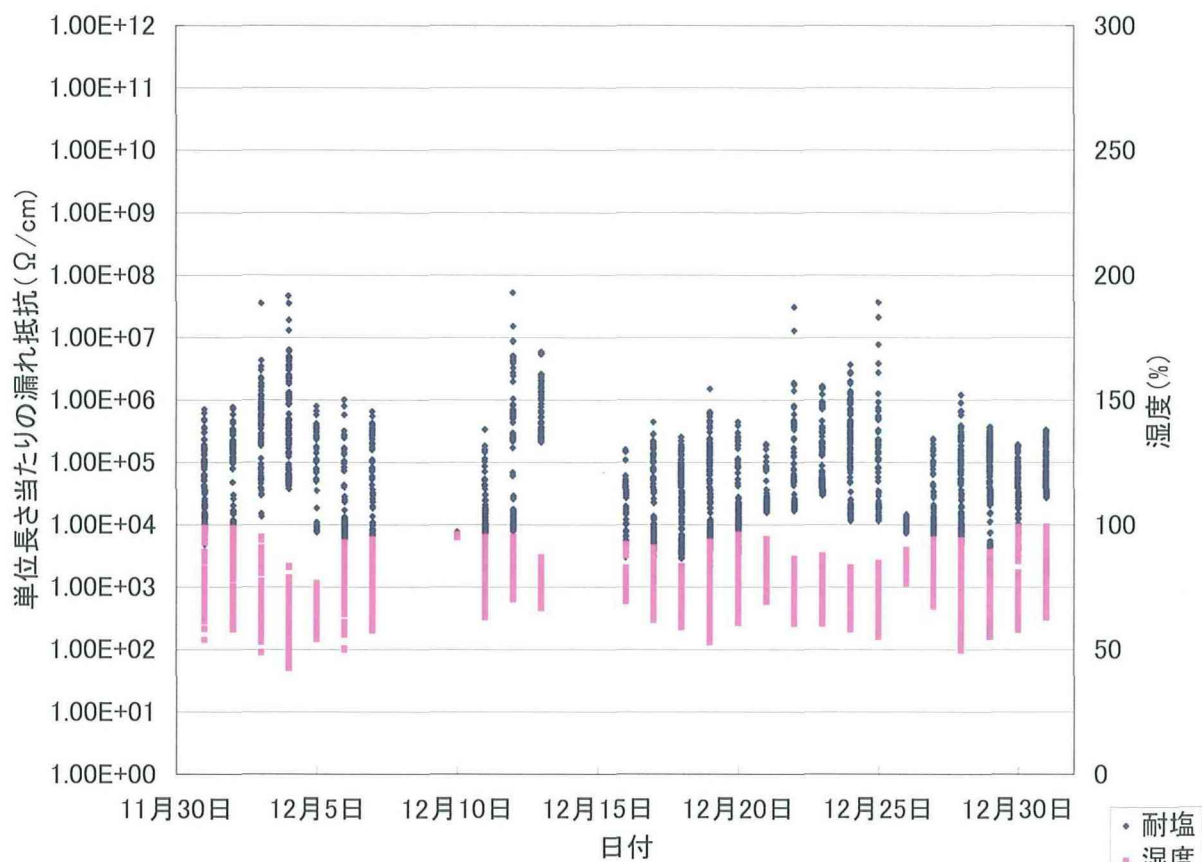


図170 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(耐塩がいし)

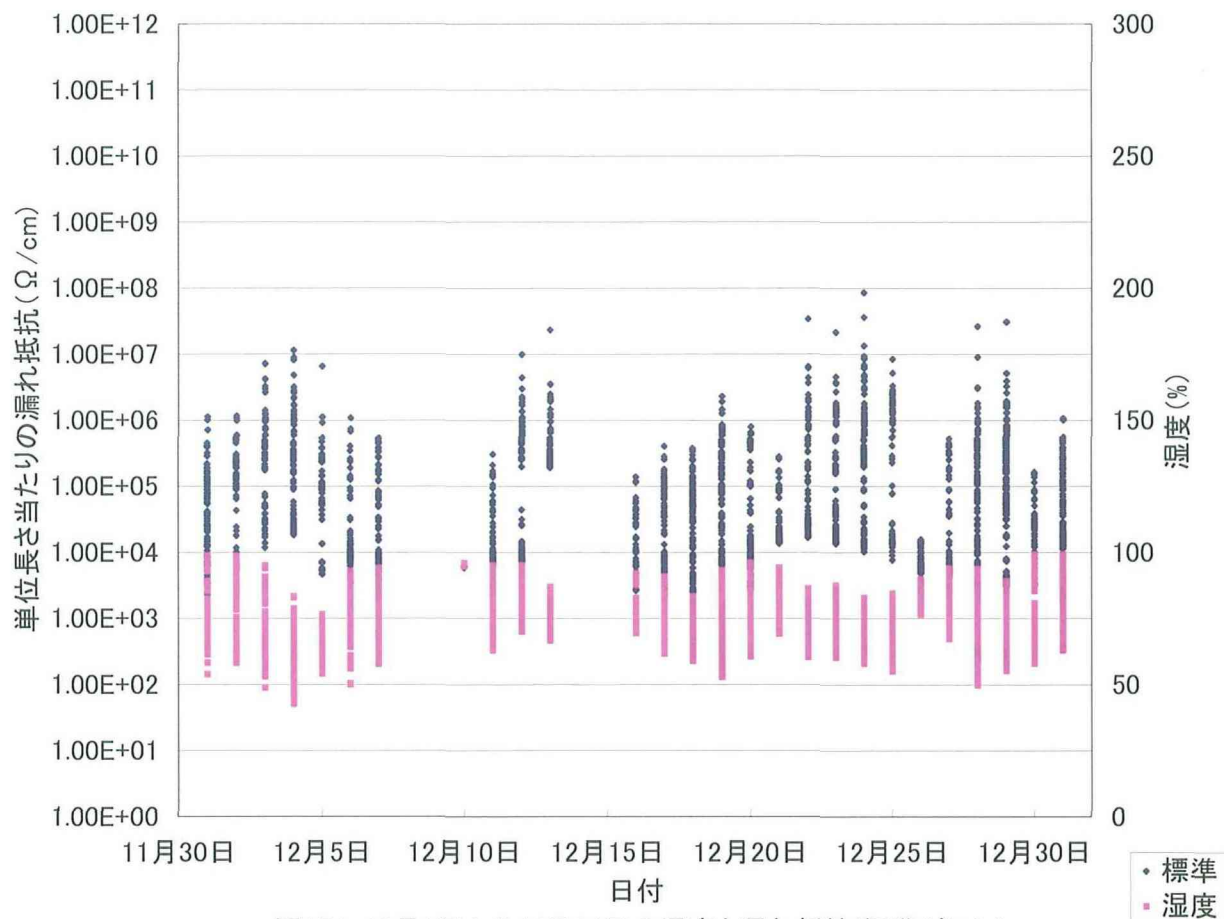


図171 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(標準がいし)

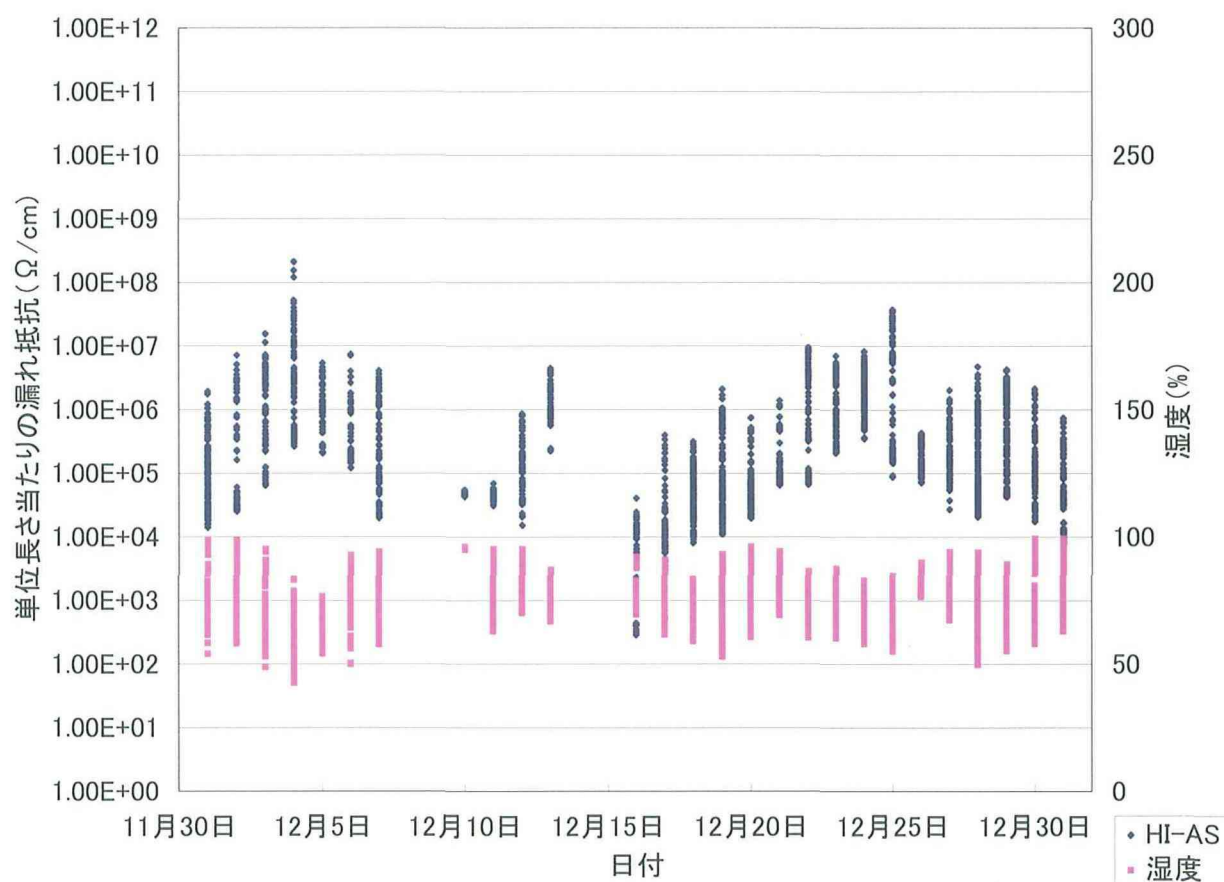


図172 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(HI-ASがい管)

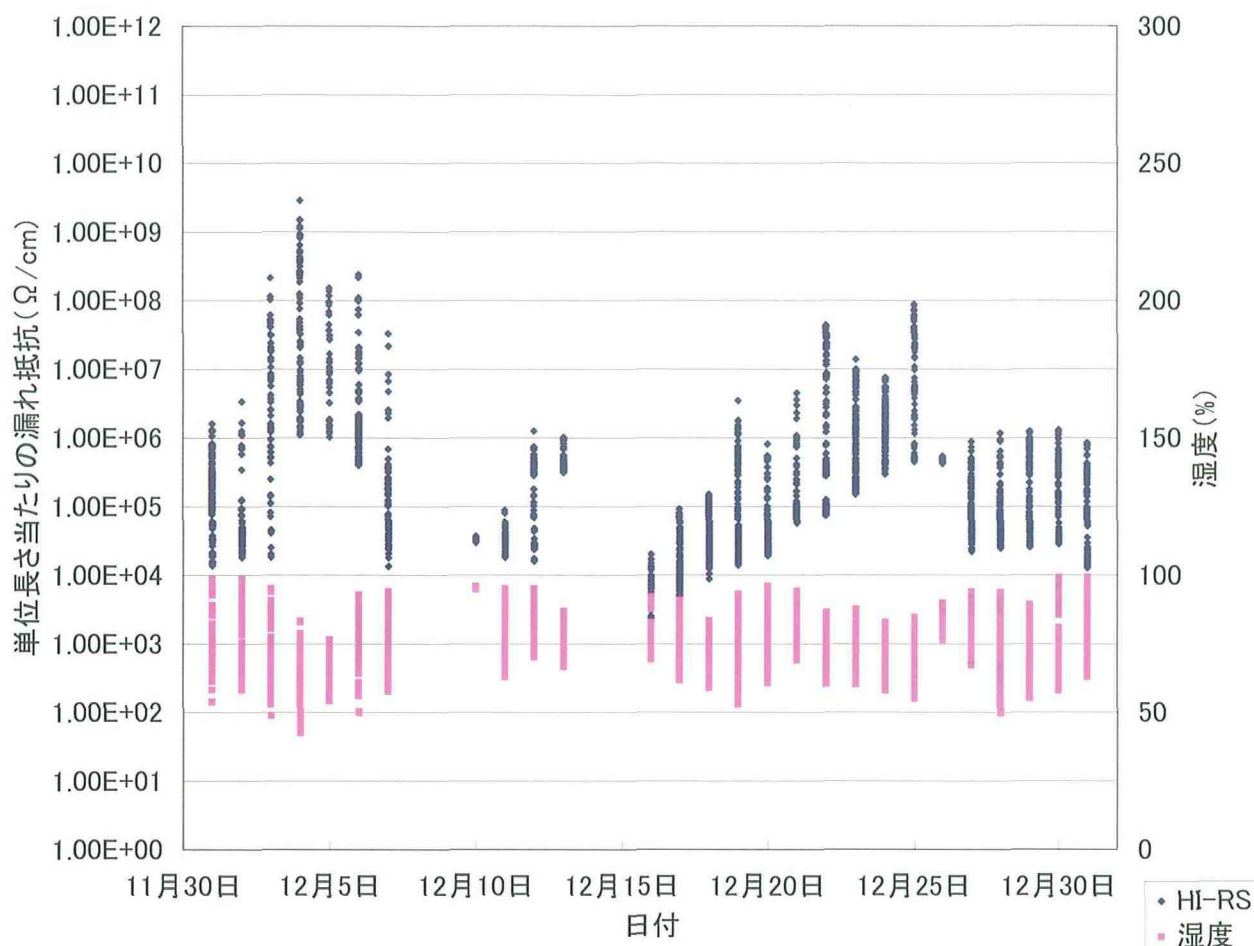


図173 12月1日から12月31日の湿度と漏れ抵抗(HI-RSがい管)

(4) 3日間の漏れ抵抗変化

図174から図176には、12月10日から12月13日までの漏れ抵抗変化を示す。図177から図179には12月28日から12月30日までの漏れ抵抗を示す。図174から図179には風速と湿度、さらに比較時の漏れ抵抗の基準として標準がいし(3個連)を示した。それに加えて、図174と図177にはSiRがいし、EPDMがいし、Porcelainがいし、EVAがいしの漏れ抵抗を、図175と図178にはHTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいしの漏れ抵抗を示した。図176と179には耐塩がいし(3個連)、HI-ASがい管、HI-RSがい管の漏れ抵抗を示した。写真3より、12月11日には、がいしに雪が積もっている。その時の漏れ抵抗は、図174から図176より低い値で一定であることがわかる。12月12日に雪が解けて、漏れ抵抗が回復しているが夜に雪が降り再び漏れ抵抗が低下した。図177から図179より、風が強い時に湿度変化しやすく、湿度に依存している漏れ抵抗も変化した。HI-ASがい管、HI-RSがい管の漏れ抵抗がその他のがいしより漏れ抵抗は高いが、雪が解けてがいし表面が湿潤されると漏れ抵抗が低下した。Porcelainがいしは、漏れ抵抗の回復が早く絶縁性能が良かった。EVAがいしは、低湿度の時に漏れ抵抗値は高いが、高湿度になるとSiRがいし、HTV-ASがいし、RTV-RSがいし、HTV-RSがいし、EPDMがいしの漏れ抵抗とほぼ同じ程度まで低下した。12月28日から12月30日で耐塩がいしと標準がいしの漏れ抵抗は他のがいし比べて低かった。



写真3. 天候と降雪状態

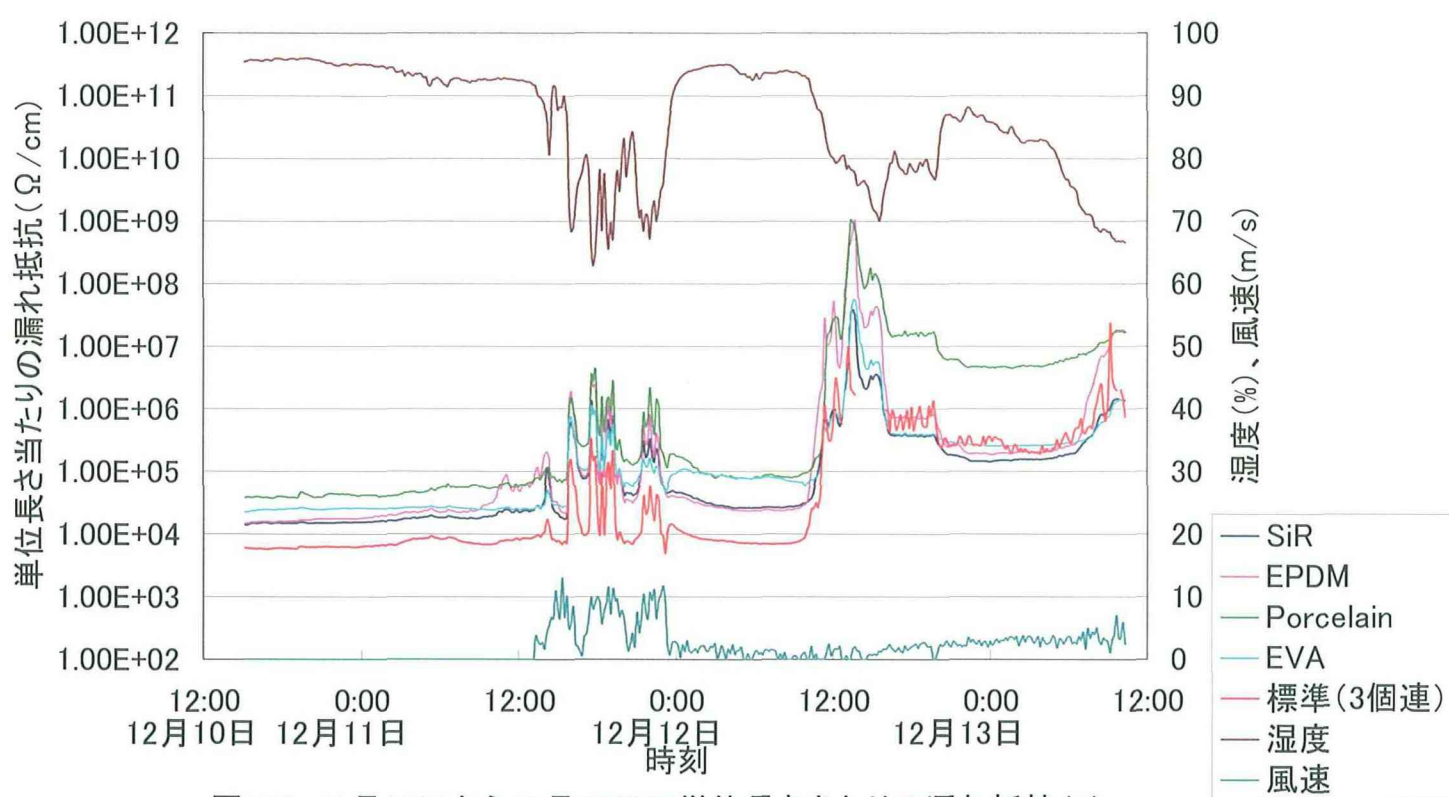


図174 12月10日から12月13日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(1)

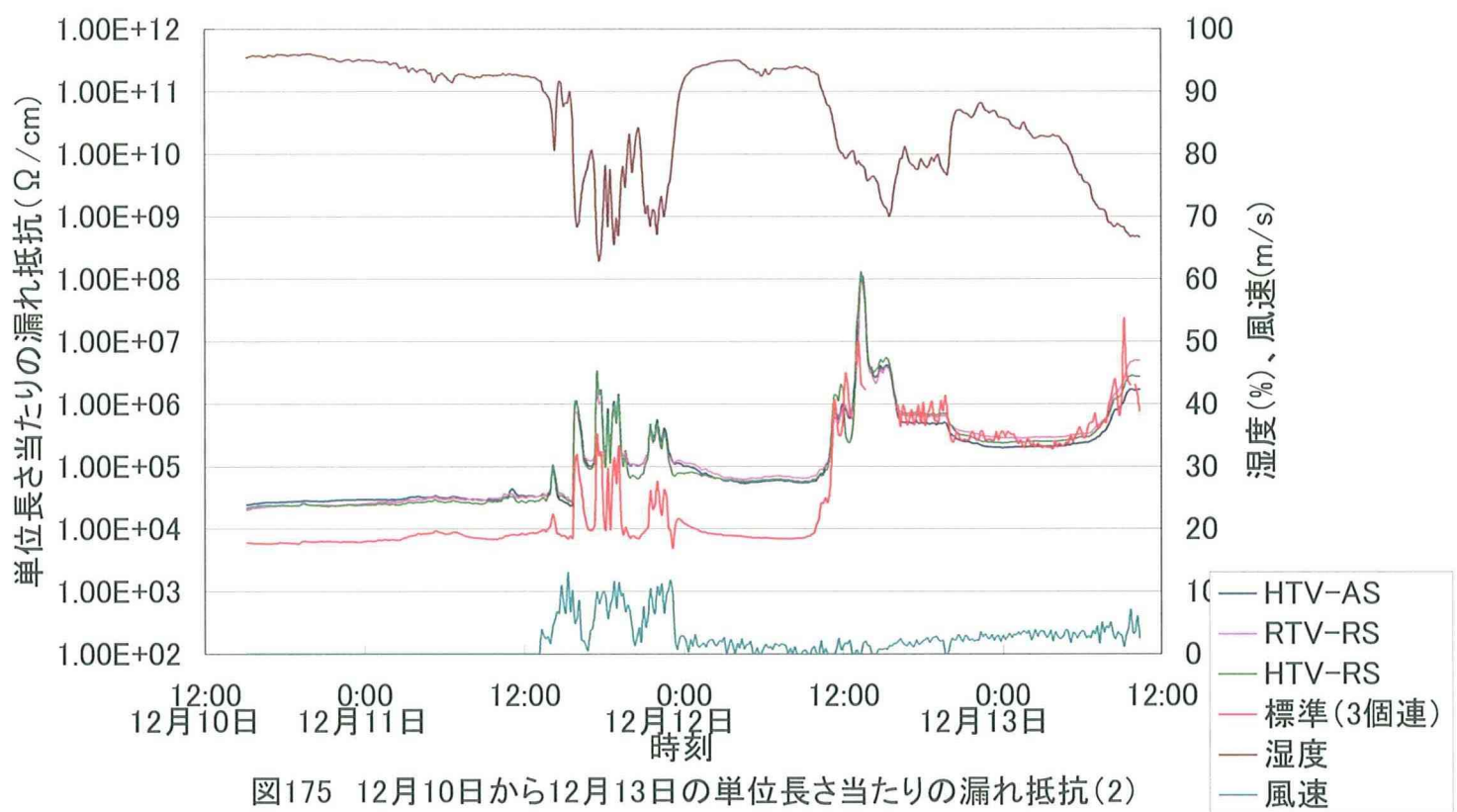
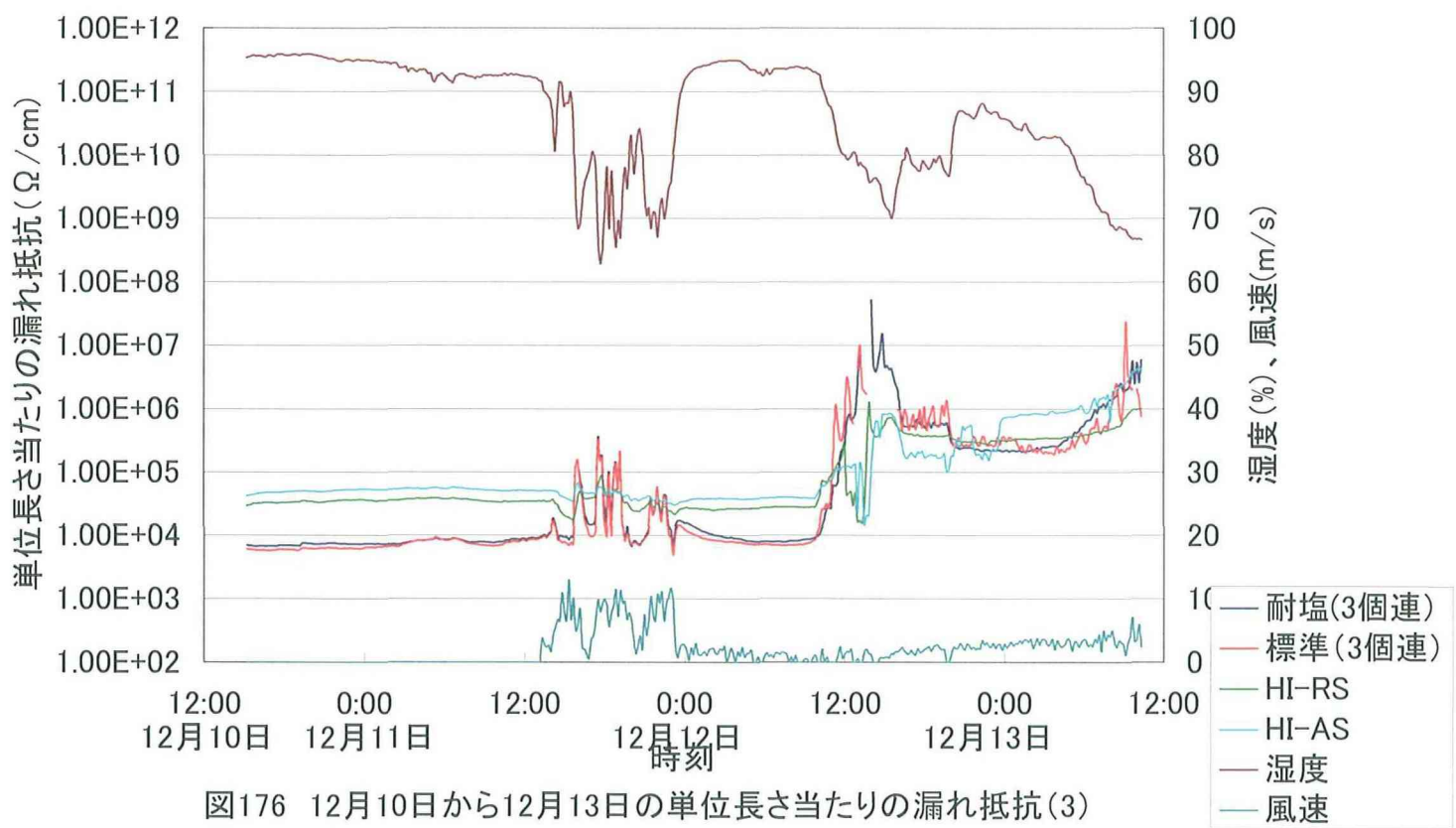


図175 12月10日から12月13日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(2)



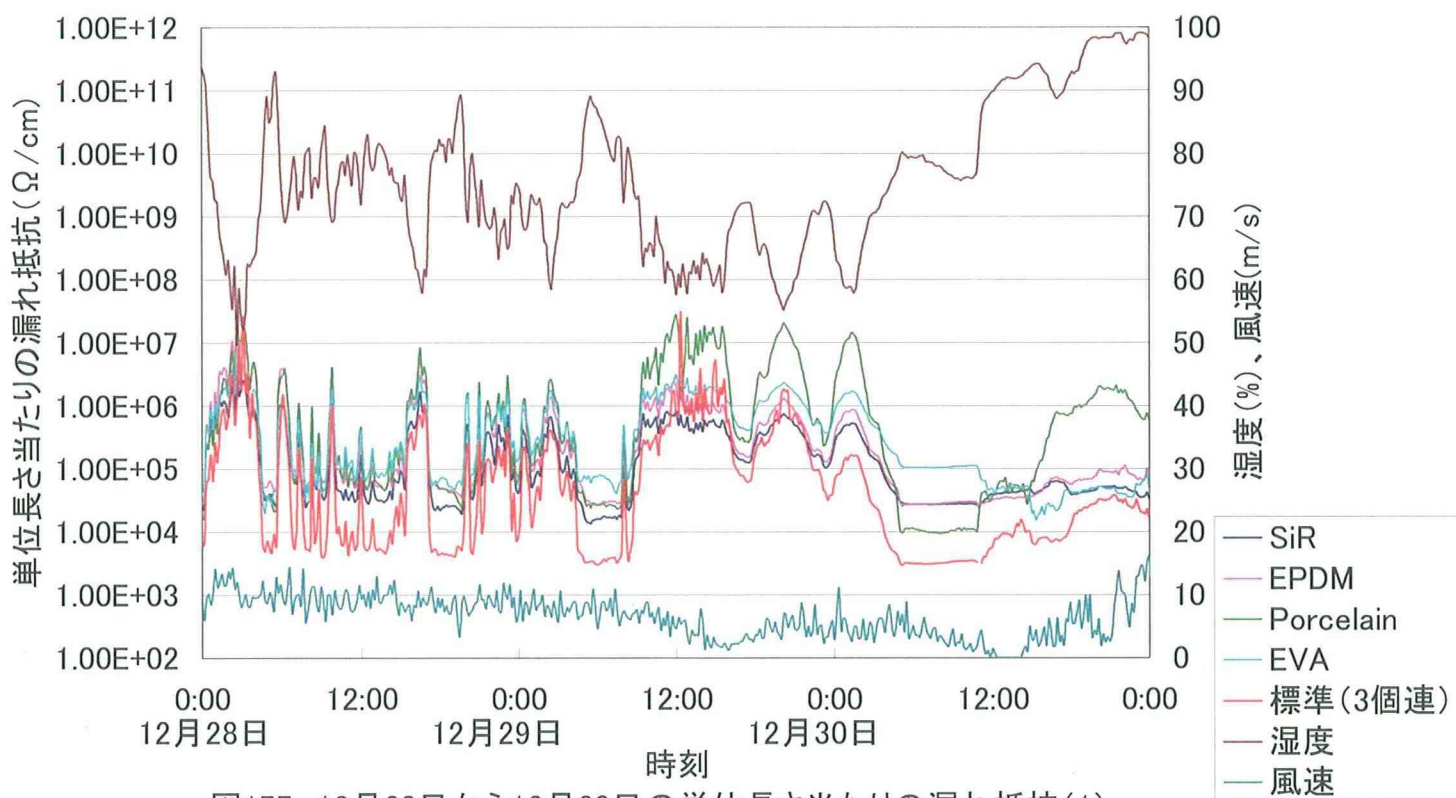


図177 12月28日から12月30日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(1)

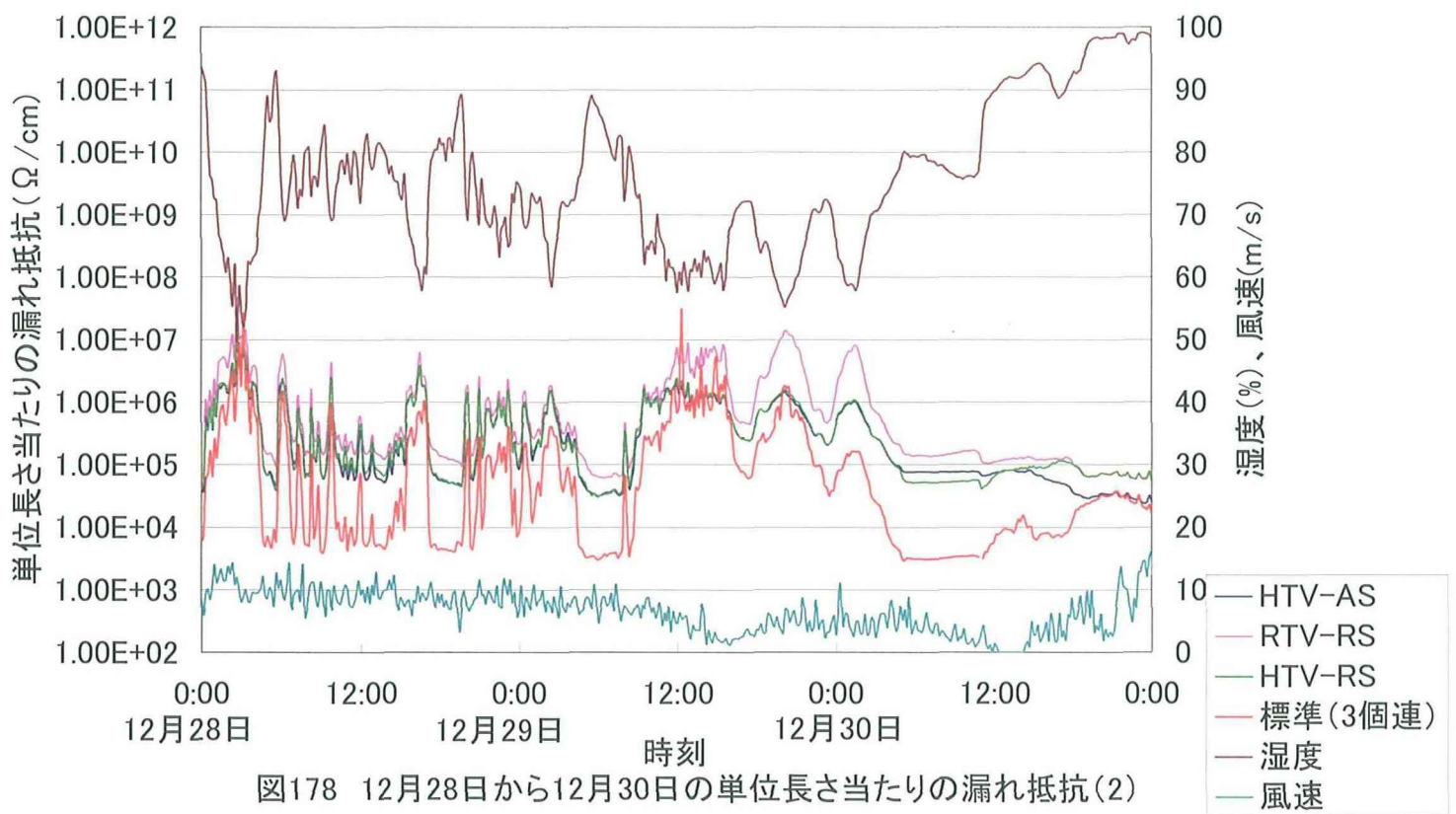


図178 12月28日から12月30日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(2)

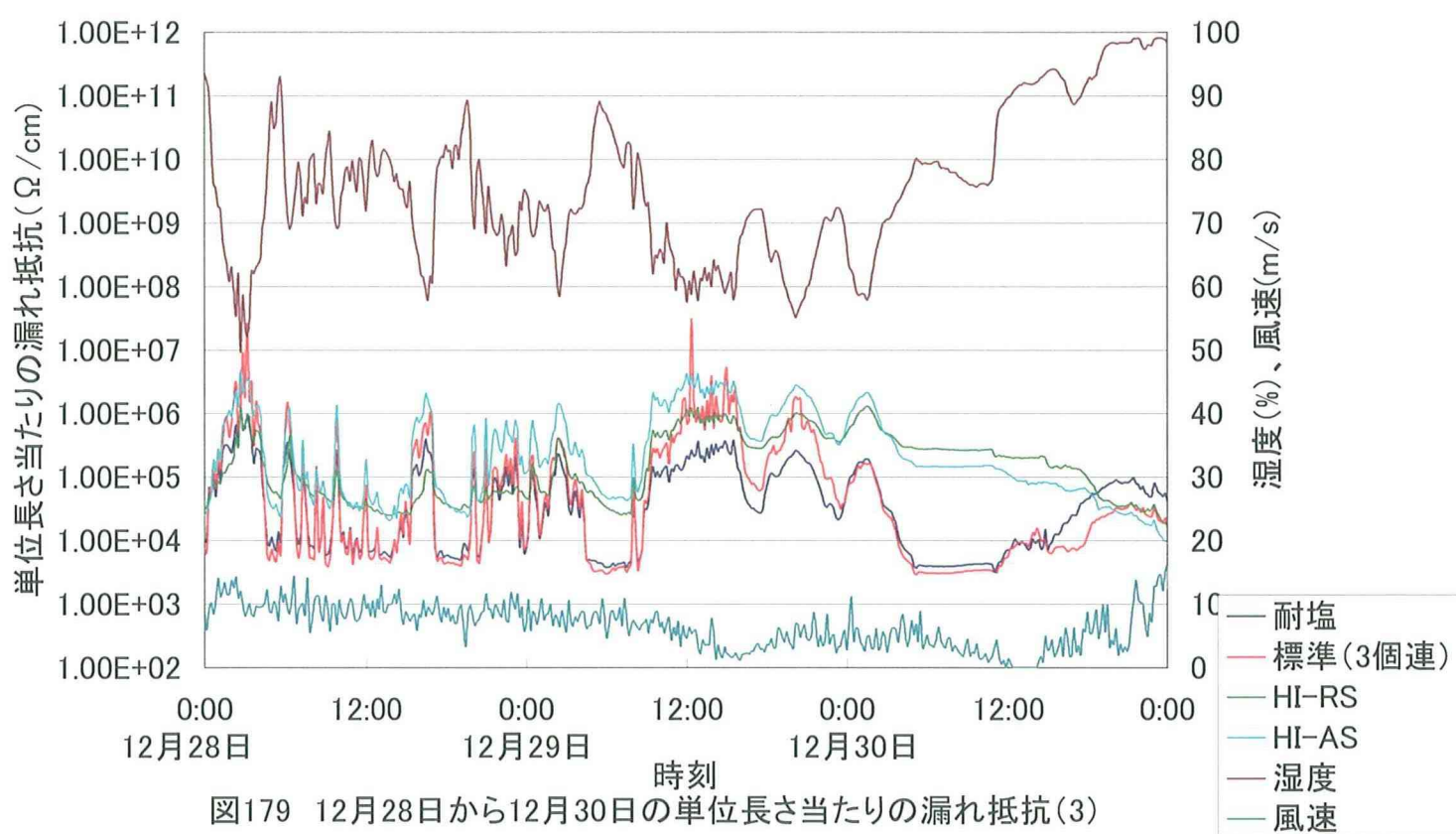


図179 12月28日から12月30日の単位長さ当たりの漏れ抵抗(3)

2－6．汚損物付着量測定

(1) 等価塩分付着密度と不溶性付着密度

曝露したがいしの汚損物付着量測定を11月8日、12月13日に行なった。その測定結果を図180に等価塩分付着密度 (Equivalent Salt Deposit Density: ESDD(mg/cm^2)) と図181に不溶性付着密度 (Non - Soluble Deposit Density: NSDD(mg/cm^2)) を示す。等価塩分付着密度(ESDD)は、蒸留水にがいしを拭き洗いした汚損物を溶かし、その溶液の導電率を測定し導出した。不溶性密度は、汚損物を溶かした溶液をろ過し、不純物の重量を測定し拭き洗いした面積で割り導出した。

図181より、がいしに付着した不溶性物質は11月の方が12月より多いことがわかる。これは、11月測定時には、降雪がなく大地が露出していたので不溶性物質が風により飛びがいしに付着したと考えられる。12月の測定時には、大地が雪によって覆われていたので不溶性物質が飛びにくく、不溶性物質が少なくなったためだと考えられる。図180と図181より、11月と12月の測定結果でPorcelain(磁器)とEVAの汚損物質の付着は、シリコーンゴム材質のSiR、HTV、RTVやEPDMなどに比べ少なかった。これは、材質の違いにより、汚損物付着量が違うことは東盛氏⁽¹⁰⁾や今川氏ら⁽⁹⁾により報告されている。SiRとEPDMの付着が磁器製がいしより多いのは、がいし表面にしみだした低分子オイルに汚損物を取り込まれたためだと考えられる⁽⁹⁾。標準懸垂がいしの下面は雨洗効果が少ないため汚損物付着量が多かった。また、HTVがいし、HIがいしの段違笠と同径笠の形状による汚損物付着量に差はなかった。等価塩分付着密度は、11月より12月の方が多い傾向があった。これは、がいしを拭き洗いする前の気象条件が影響していたと考えられる。

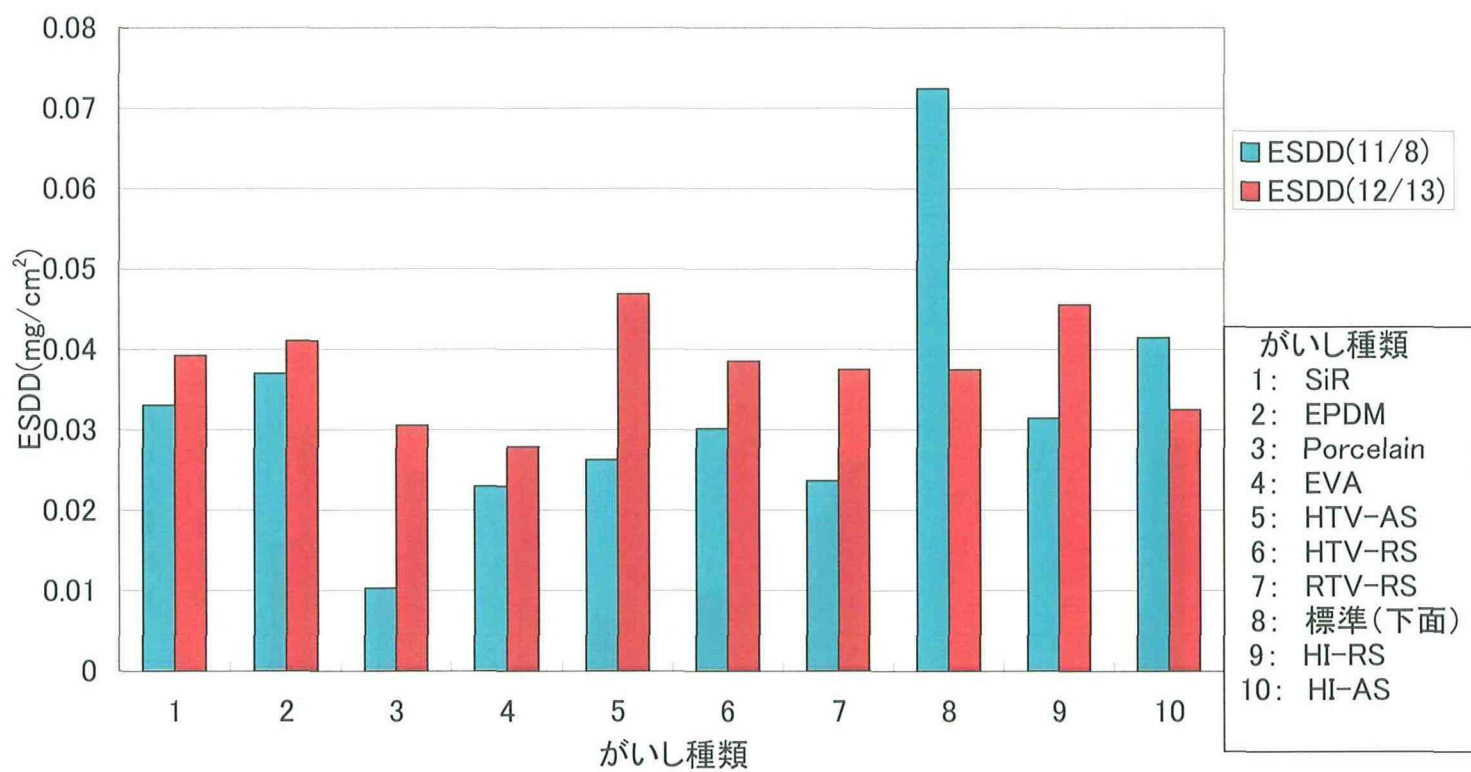


図180 各がいしの等価塩分付着密度

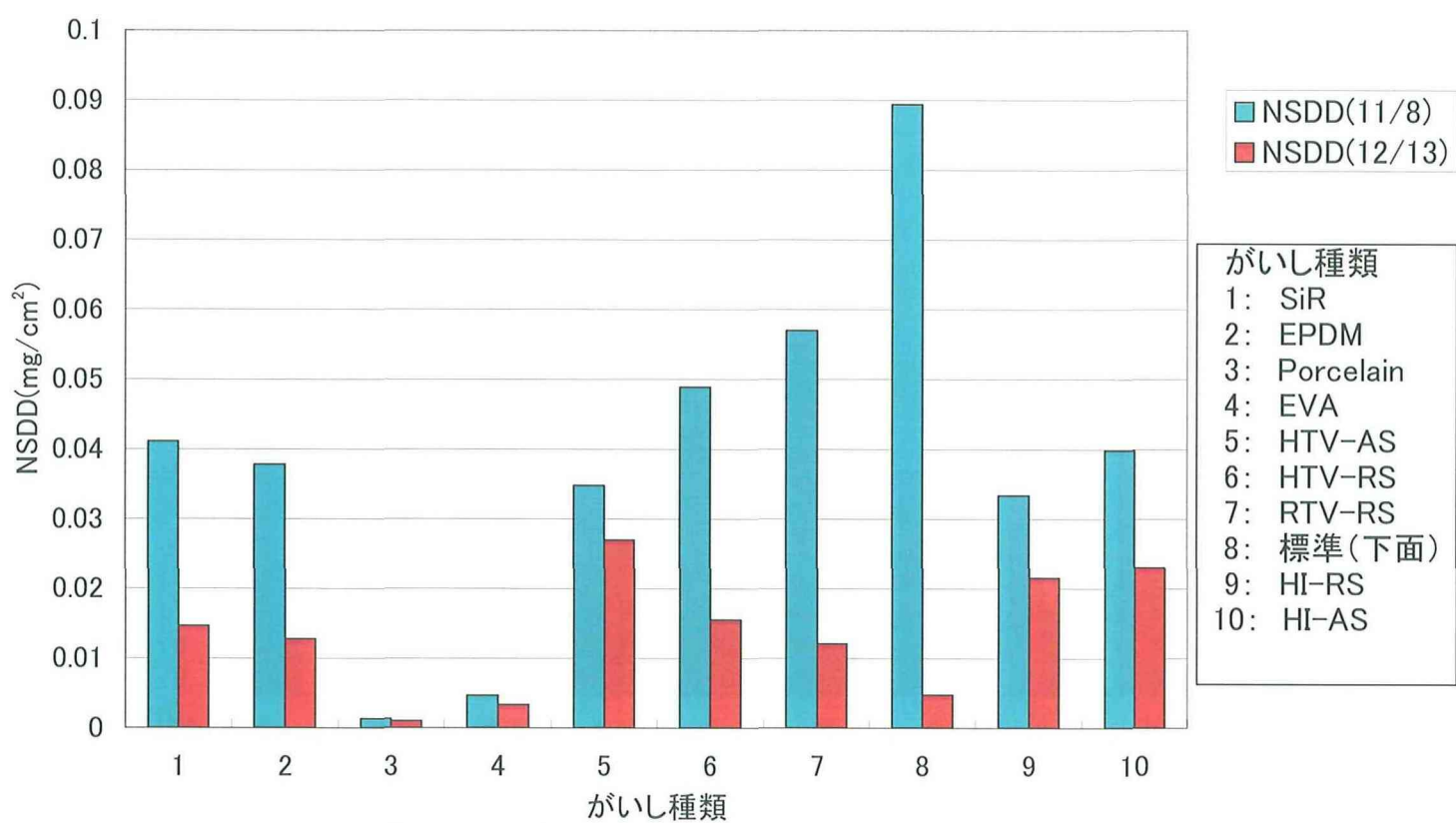


図181 各がいの不溶性物質付着密度

(2) イオン量測定

11月の汚損物付着量測定に用いた溶液から不溶性物質をろ過した後の溶液に含まれるNaイオン、Mgイオン量を誘導結合プラズマ発光分析で測定した結果を図182に示す。

MgイオンとNaイオンの含有比率はがいしに関係なくほぼ同じで、過去に臨界部で観測されたがいしの付着汚損物分析結果⁽¹¹⁾と同じようにNaイオン量はMgイオン量の約3倍であった。

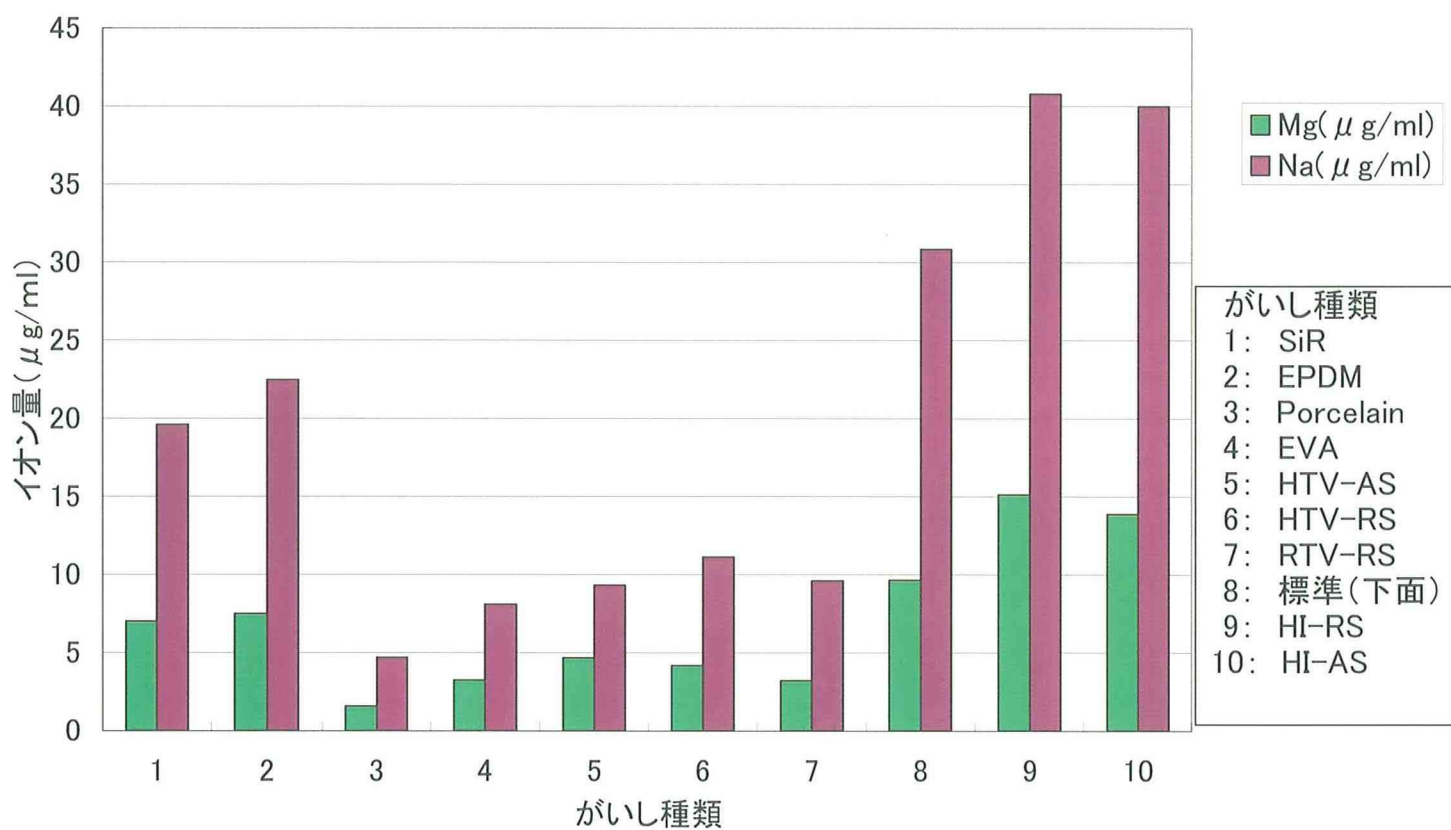


図182 溶液中のイオン量

2-7. 比較・検討

- (1) 11月と12月は、3月と5月に比べ西から強い風が吹いている。これは季節風のためである。11月と12月は、強い西風が吹いているため、3月と5月に比べ海塩で汚損されていることが考えられる。そのため、11月と12月の直流漏れ抵抗の最低値は、3月と5月に比べ1オーダー低い値を示した。
- (2) 11月と12月の漏れ抵抗の最低値は、塩分を含んだ雪が解けてがいしの表面の絶縁性能を低下させたことが考えられる。5月は、雨が降った時に漏れ抵抗の最低値を示した。がいし表面が、直接濡れることで絶縁性能が低下すると考えられる。
- (3) 3月、5月、11月、12月で海からの強い西風が吹く時、漏れ抵抗が低下した。これは、海からの風でがいしが海塩で汚損され、さらに海から湿った風が吹き湿潤されるためだと考えられる。
- (4) 11月の各がいしで湿度50%～60%の時に低い漏れ抵抗値が続いていたのは、融雪のためだと考えられる。HI-ASがい管、HI-RSがい管の絶縁性能は高いが、雪が降り、雪が解けると絶縁性能は大きく低下した。
- (5) 12月の低湿度時に、5月より漏れ抵抗が低い時があった。これは、海塩成分の塩化マグネシウムの潮解性が湿度33%で潮解性を示し⁽³⁾、低湿度で漏れ抵抗が低下したためだと考えられる。11月の汚損物のイオン量測定でMgイオンが検出された。
- (6) Porcelainがいしは、汚損されても雨などの雨洗効果により汚損が洗い流され絶縁性能がすぐに回復した。
- (7) 雨や雪の時、他のがいしは上面の水滴が下面も濡らすが、耐塩がいしと標準がいしは、下面にリブがあるので笠下面全体が濡れることがないので絶縁性能が大きく低下しなかった。
- (8) SiRがいしは、低湿度から絶縁が低下し始めるので、汚損レベルを的確に把握することが大切であると考えられる。また、EVAがいしやHTV-ASがいしのように笠間隔が短いがいしは、雪による橋絡に注意が必要である。
- (9) 3月、5月、11月、12月の各がいしの漏れ抵抗は、湿度75%以上ではほぼ同じ低い値になった。これは塩が湿度75%から潮解性を示す^(3, 4)ためだと考えられる。

2-8. まとめ

曝露試験所の測定結果から、湿度変化に対応して直流漏れ抵抗変化がすぐに起こることが判った。相対湿度が上がると各がいしの表面の汚損物を湿潤して、直流漏れ抵抗が低下した。特に、がいし表面に雨や降雪など直接水分が付着した場合に直流漏れ抵抗が低い値になった。また、強い西風が吹くと直流漏れ抵抗が低下することも判った。

3月や5月に比べ、11月や12月の直流漏れ抵抗は低い値を示した。これは、11月や12月などは、海から強い風(季節風)が吹いて海塩を多く含んだ雪が、がいしに付着し日射などで雪が解ける時に直流漏れ抵抗値が最低になったと考えられる。

シリコーンゴム (SiR) がいしは、低湿度で漏れ抵抗変化が起きた。これは、SiR がいしの表面にしみだした低分子オイルに汚損物が取り込まれたことが考えられる⁽⁹⁾。汚損物中に含まれていたと考えられる塩化マグネシウムの湿度33%から潮解性を示す特性に影響されて低湿度から漏れ抵抗を低下させたと考えられる。潮解性を有する塩化マグネシウムや溶解度の大きな塩は、塩分輸送過程やがいし表面上での塩分累積過程における雨洗効果などにより脱落することが考えらる⁽⁸⁾ので、磁器製がいしなどは低湿度で漏れ抵抗はほぼ変化しなかった。SiRがいしとSiRがい管の、同径笠と段違い笠の汚損物付着量がほぼ同じで、大きな漏れ抵抗の違いも確認できなかった。標準がいしと耐塩がいしは、雨などにより上面が濡れても、水滴の笠下面への飛来がリブにより止められ、下面全体を濡らさないので大きな直流漏れ抵抗変化は見られなかった。Porcelainがいしは、耐塩がいしや標準がいしのように磁器性がいしであるが形状が大きく異なり、雨洗効果によって汚損物が洗い流されやすいので絶縁性能の回復が早かった。EVAがいし、HTV-ASがいしなど笠間隔が短く笠に雪が積もると雪による橋絡が起こることが考えらる。がいしの絶縁性能は、気象条件などで変化し、材質や笠形状によっても変化することが判った。

2－9．参考文献

- (1) 江尻将幸 他：「直流漏れ抵抗による懸垂磁器がいし汚損度の推定法(1)
－湿度変化と汚損度の関係－」
平成12年度電気関係学会北海道支部連合大会 pp.58-59、2000
- (2) 江尻将幸 他：「直流漏れ抵抗による懸垂磁器がいし汚損度の推定法(2)
－不溶性物質の影響－」
平成13年度電気学会 電力・エネルギー部門大会 No.492、2001
- (3) JIS B 7920 「湿度計－試験法 解説」
- (4) 河村達雄 他：「がいし汚損面の吸湿密度、漏れ電流およびフラッシュオーバ電圧の
湿度依存性」 電気学会論文誌 pp.426-433 、1973
- (5) 江尻将幸 他：「直流漏れ抵抗による懸垂磁器がいし汚損度の推定法(3)
－とのこと塩の吸湿特性－」
平成13年度電気関係学会北海道支部連合大会 pp. 23、2001
- (6) 気象ハンドブック編集委員会「気象ハンドブック」 pp.533、1979
- (7) 気象ハンドブック編集委員会「気象ハンドブック」 pp.107、1979
- (8) 電気共同研究会「電気共同研究 第35巻 第3号」pp.41、1979
- (9) 今川 他：平成10年電気学会全国大会No.1603、1998
- (10) Y.Higashimori,et.al, ICEE, pp.744-748、1996
- (11) 電気学会「がいし」 pp. 165-166、1983

3. 風向と配電用耐張がいしの直流表面抵抗（直流漏れ抵抗）特性

沿岸地域で使用されているがいしは、運転中に雨や風によって運ばれてくる塩分や塵で汚損される。これによりがいしの絶縁性能が低下すると、送電線で閃絡事故を起こす場合がある⁽¹²⁾。がいし汚損は長年にわたり精力的な検討が行われたため、現在ではがいしの汚損による閃絡事故は大幅に減っている⁽¹³⁾。しかし、台風や強い季節風、又は濃霧により海岸沿いの広範囲の地域で、閃絡事故が発生し易いので未然防止策が強く望まれている。このような塩害事故を未然に防ぐためには、気象の変化に伴うがいしの絶縁特性変化と汚損度を把握し、より適切な絶縁設計を行う必要がある。

以上のような観点から、気象の変化とがいしの絶縁特性の関係を調べるために、季節風による塩分汚損が発生しやすい日本海沿岸地域の鬼鹿に曝露試験場を設置し、高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしを曝露した。これらのがいしに直流電圧100 Vを印加し、直流表面抵抗を測定した。同時に直流表面抵抗測定期間中の気象条件を調べて、がいしの直流表面抵抗と気象条件の関係を調べた⁽¹⁴⁾。気象条件の内、相対湿度は鬼鹿試験場の湿度計を参考にした。風向と風速は鬼鹿試験場に近い羽幌と留萌のアメダスデータを参考にした。

フィールドでの試験と同時に、実験室レベルで人工汚損試験を行った。この人工汚損試験は、汚損したがいしを恒湿度室内に設置し、直流電圧100 Vを印加して室内の湿度を50%から100%付近まで1時間ごとに10%ずつ上昇させた。この時のがいしの直流表面抵抗を求めて、直流表面抵抗の湿度依存性を調べた⁽¹⁵⁾。この汚損試験には250mm懸垂磁器がいし、耐塩形高圧ピンがいし、耐塩形高圧耐張がいしを使用した。人工汚損試験の結果から湿度と直流表面抵抗をパラメーターとして汚損度が推定できるかを調べるために、各がいしにおける湿度毎の汚損度と直流表面抵抗の関係から汚損度推定式を導出した。

人工汚損試験の他に、海岸沿いの地域で使用されている高圧耐張がいしに海水のしぶきがいしに付着する状況を人工的に模擬するために、高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしに塩水を散布して、そのときのがいしの直流表面抵抗を測定した。がいしの設置方向の違いにより、海塩が気流に伴って笠下面に入り込んで絶縁を低下させる程度を調べるために、がいしのキャップ側から0°、45°、90°、135°、90°の5方向から塩水を散布した。また、この実験の結果とがいし周囲の気流との関係について検討するために、実験と同じ5方向から風を送った時のそれぞれのがいし周りの気流分布についてシミュレーションを行った⁽¹⁶⁾。

沿岸地域では、塩害事故以外に海から吹く季節風により、塩分を含む雪がいしに付着してフラッシュオーバーを引き起こす塩雪害事故も多く発生する。そこで3種類のポリマーがいしに塩分を含む氷をがいし表面に付着させ、対地間電圧4 kVを印可する着氷実験を行った。着氷はアース側から45°、90°、135°の3方向から行い、がいしの設置方向による着氷の仕方や放電の発生状態の違いを比較した。

3-1 高圧耐張がいしの曝露試験

日本海沿岸は、西高東低の冬型気圧配置の時に風速10 m/sを越える北西季節風が10～15時間以上も継続し、海上では最大波高6 m以上の波が立つことがある。このような時、多量の高塩粒子を含んだ雪ががいしに付着する塩雪害が発生する地域として知られている。このような自然条件下に置かれた高圧耐張がいしの絶縁特性を調べるために、日本海沿岸の鬼鹿（図1）に曝露試験場（図2）が設置されている。本曝露試験場へ吹く風は、北北東から南南西の風が海からの風となる。

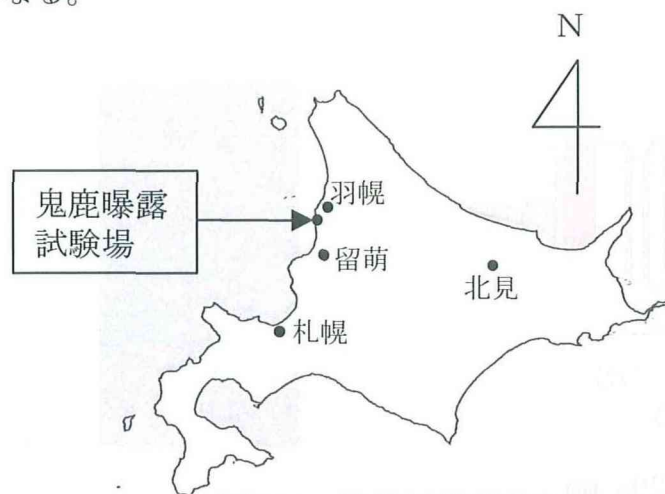


図183 曝露試験場位置

3-1-1 曝露試験場

曝露試験場は海岸から続く平坦な土地で、国道を挟んで海岸から直線距離で80 m離れている。試験がいしは地上約5 mに架設し、直接風が当たる条件である。試験がいしは、図2中の赤い楕円に囲まれた位置に設置した。2002年11月7日に笠ひだを海側（西側）と陸側（東側）に向けて設置し、2003年8月13日にに海岸に平行（北側と南側）に向けて設置した。このとき西側、東側に向けて設置したがいしを洗浄して北側、南側と汚損状態が同じ条件になるようにした。この曝露試験場へ吹く風の方角は西向きの北北東から南南西の間である。

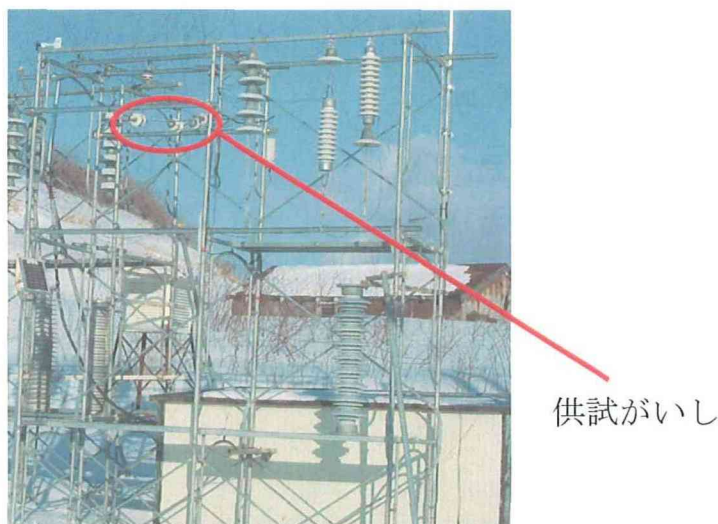
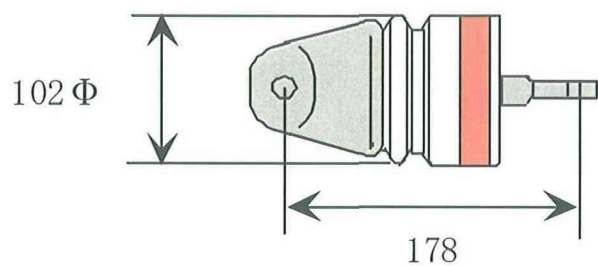


図184 曝露試験場

3-1-2 供試がいし

暴露試験場に設置したがいしは以下に示す2種類である。図3は高圧耐張がいし(図4はがいしの写真)、図5は耐塩形高圧耐張がいし(図6はがいしの写真)である。耐塩形高圧耐張がいしはひだの内側に風が入りづらいように笠ひだの溝の部分が深く、さらに耐塩バリヤー(防塩皿)を取り付けてある。



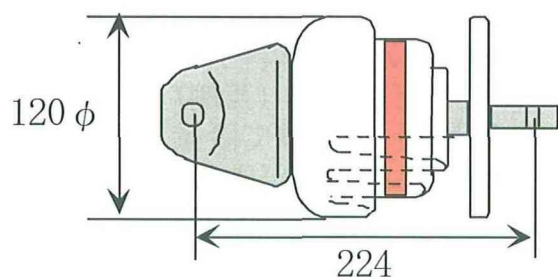
(単位: mm)

表面漏れ距離: 205 mm

図185 高圧耐張がいし



図186 高圧耐張がいし写真



(単位: mm)

表面漏れ距離: 350 mm

図187 耐塩形高圧耐張がいし



図188 耐塩形高圧耐張がいし写真

3-1-3 供試がいしの設置方向

海岸付近の曝露試験場に高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしを設置し、直流表面抵抗を測定した。この2種のがいしは、海岸線に対する設置方向の違いによる直流表面抵抗の違いを調べるために4方向に向けて設置した。図2-7に示すようにそれぞれのがいしの笠ひだを内陸側（東側）、海側（西側）、海岸と平行（北側と南側）に向けて設置した。（以降、～向きとは笠ひだを向けた方向を指す。）



図189 供試がいし

3-1-4 測定方法

図8は曝露試験場のがいしの表面抵抗測定図である。測定方法は、供試がいしに直流電圧100 Vを印加し、がいしに接続している漏れ電流測定用抵抗1 k Ω 間の電位をデジタルマルチメーターで測定し、その値からがいしの表面抵抗を測定した。今回は2002年12月、2003年3月、9月、11月の各1ヶ月間の各がいしの表面抵抗と気象データを比較検討した。気象データの風向と風速は、鬼鹿試験場に近い羽幌と留萌のアメダスデータを利用した。

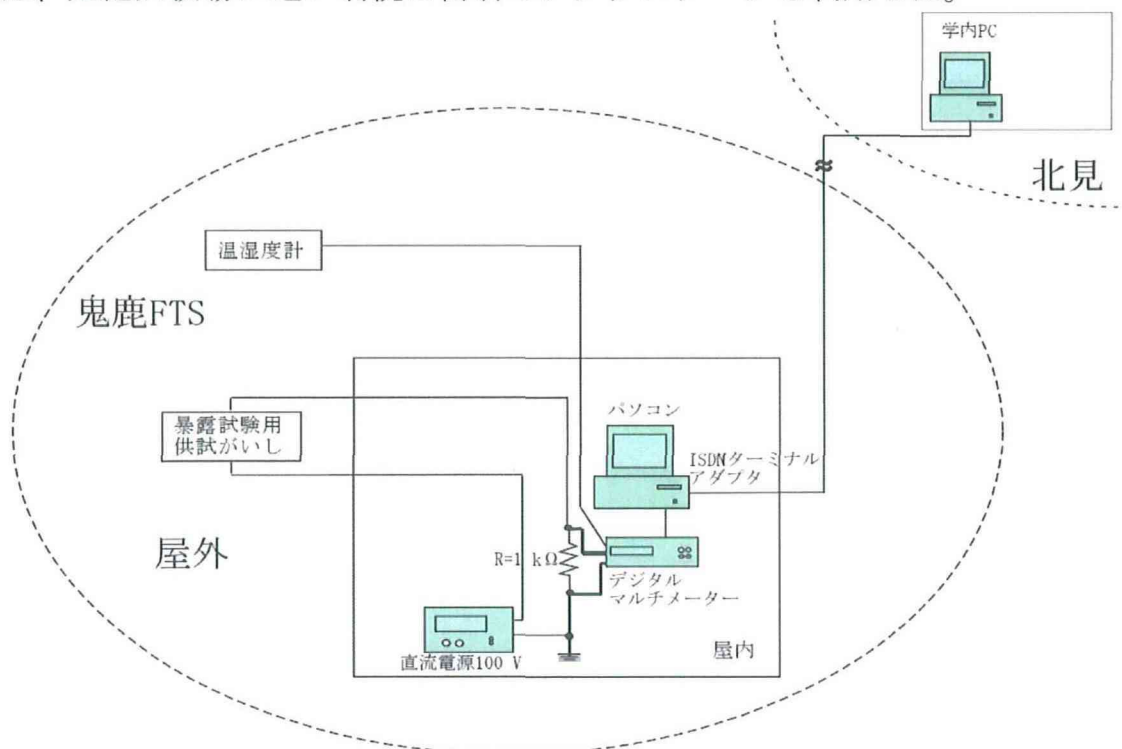


図190 曝露試験場での直流表面抵抗測定図

3－1－5 羽幌と留萌の風向と風速

図9に2002年12月羽幌での1時間毎の16方位の風向に対する風速を示す。図中の点はデータの重複回数でマークの形と色を変えてある。図10は2002年12月での羽幌の風向の割合を示す。このグラフの緑の部分は風速4 m未満、青い部分は4 m以上8 m未満、赤い部分は8 m以上の風が吹く割合を示す。同様に、図11と図12は2002年12月留萌のデータ、図13と図14は2003年3月羽幌のデータを表す。図15と図16は2003年3月留萌のデータ、図17と図18は2003年9月羽幌のデータ、図19と図20は2003年9月留萌のデータを表す。図21と図22は2003年11月羽幌のデータ、図23と図24は2003年3月留萌のデータを表す。

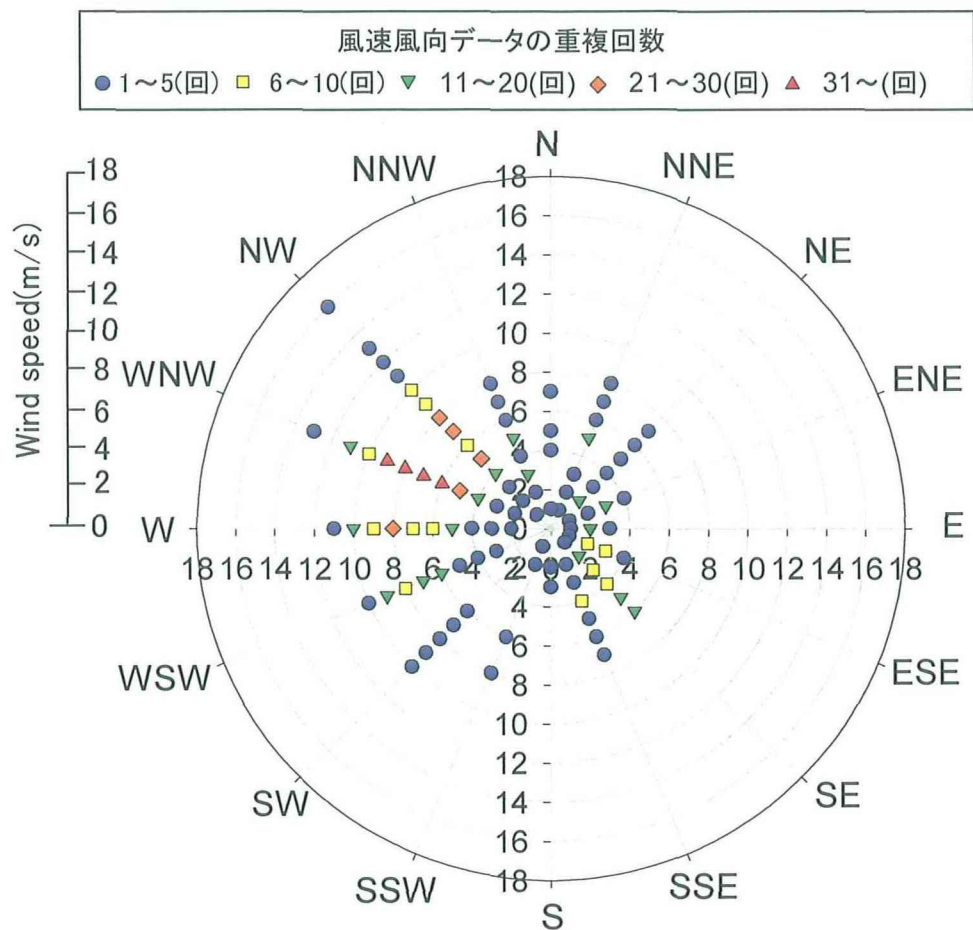


図191 2002年12月の風速と風向分布(羽幌)

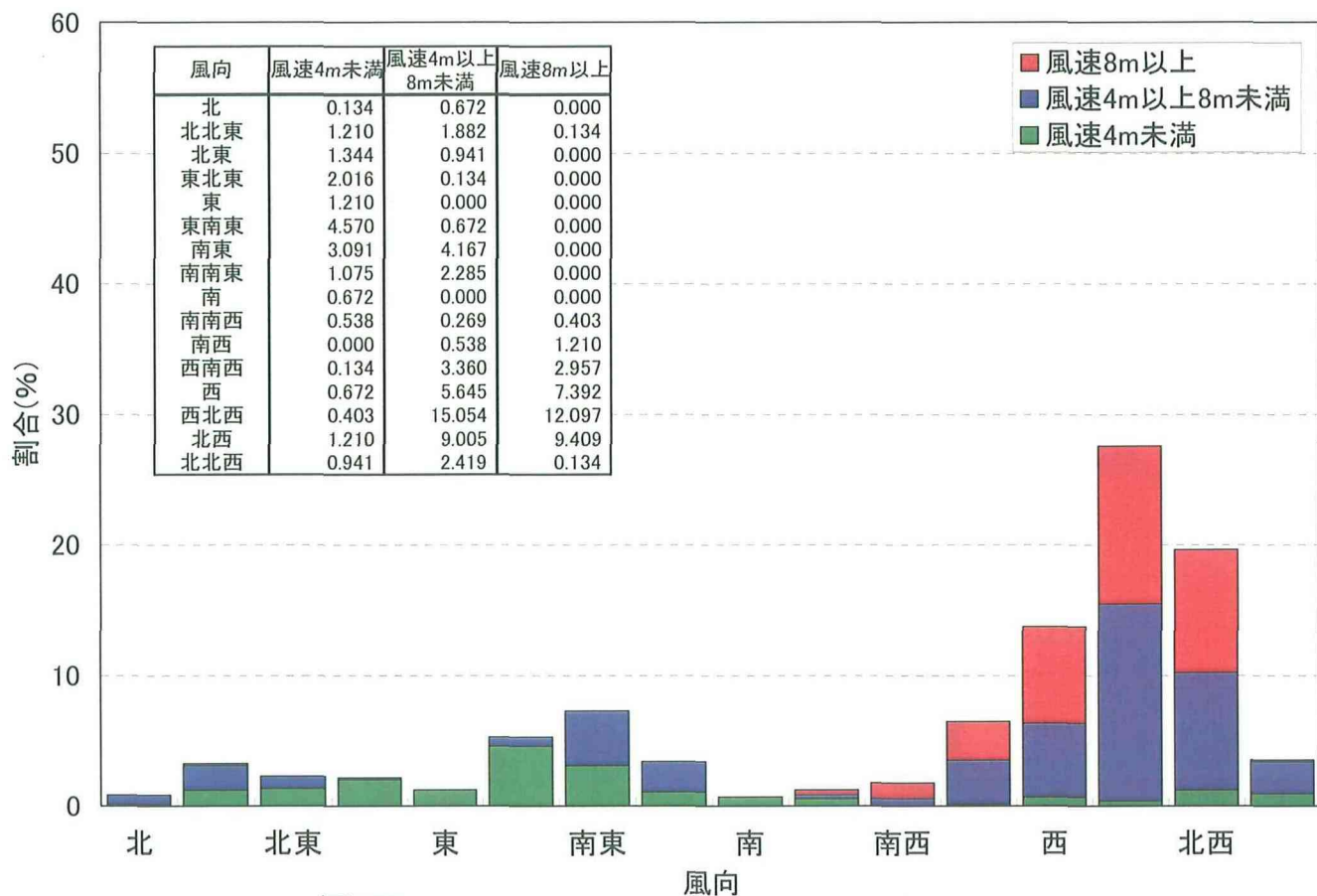


図192 2002年12月の1ヶ月間の風向と風速の割合(羽幌)

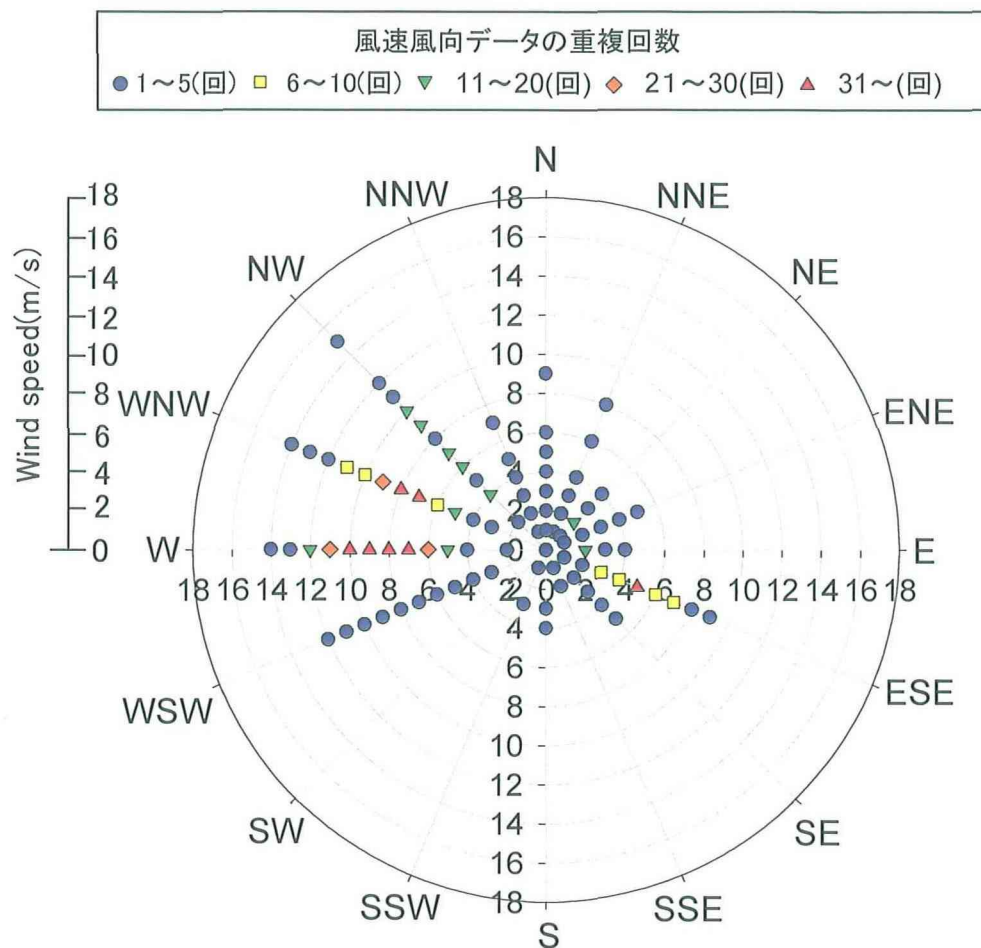


図193 2002年12月の風速と風向分布(留萌)

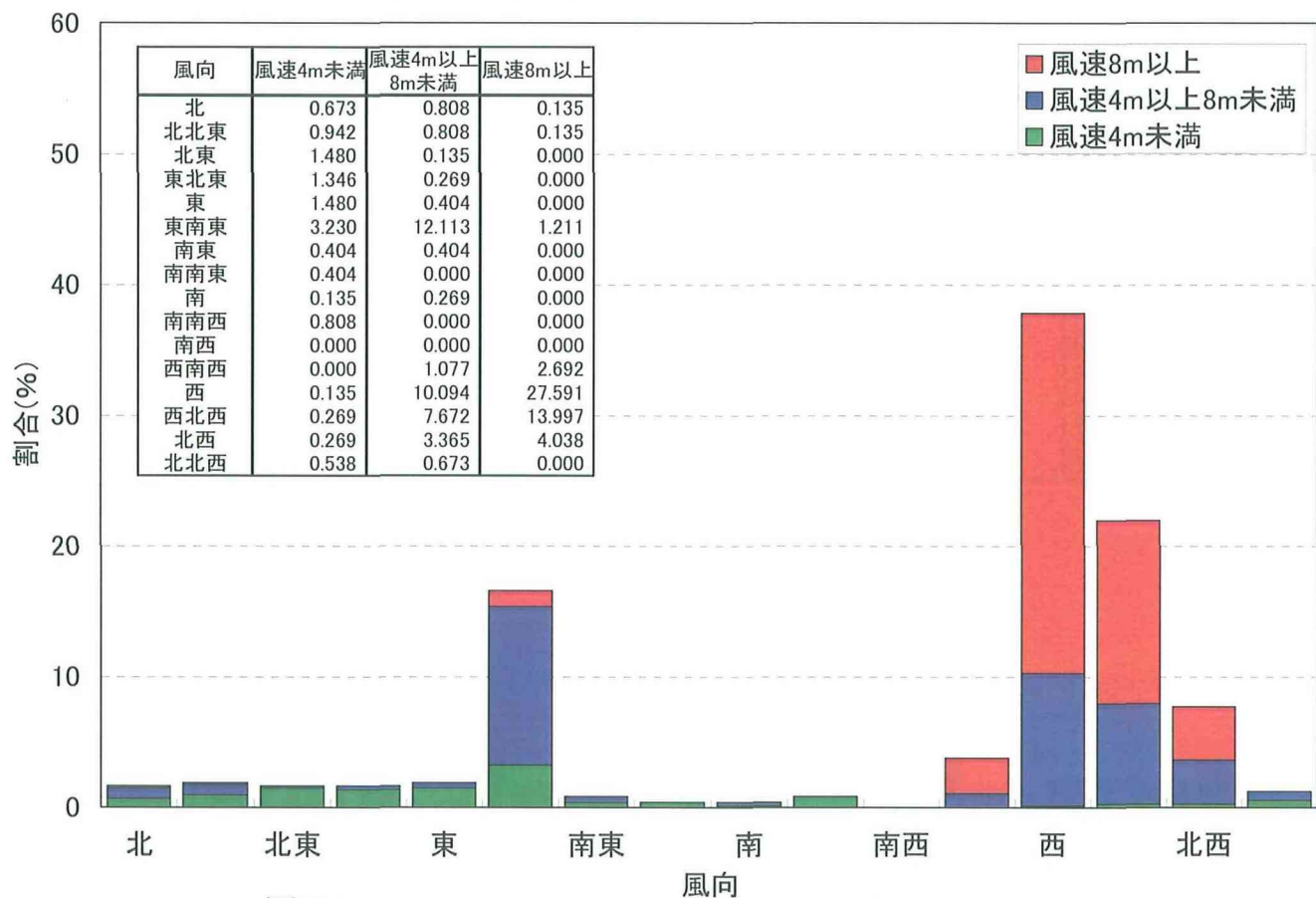


図194 2002年12月の1ヶ月間の風向と風速の割合(留萌)

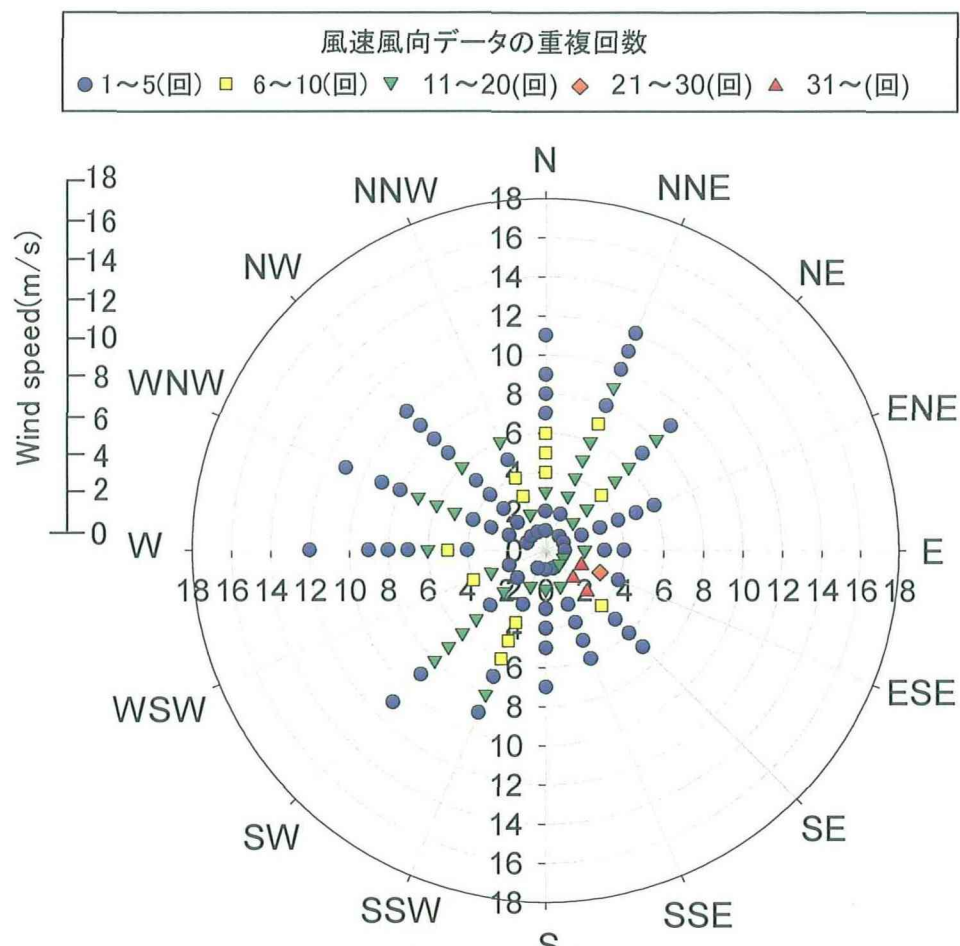


図195 2003年3月の風速と風向分布(羽幌)

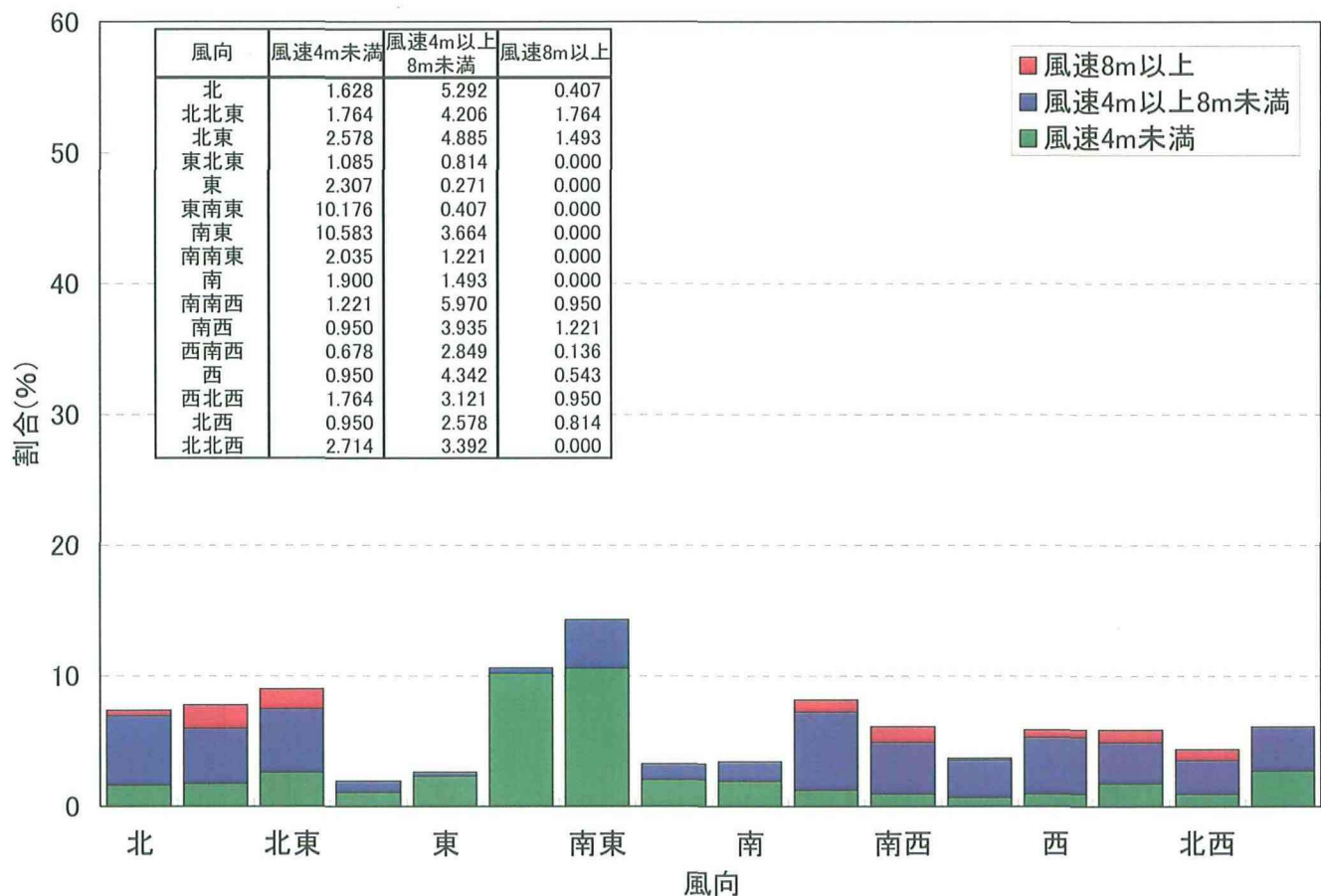


図196 2003年3月の1ヶ月間の風向と風速の割合(羽幌)

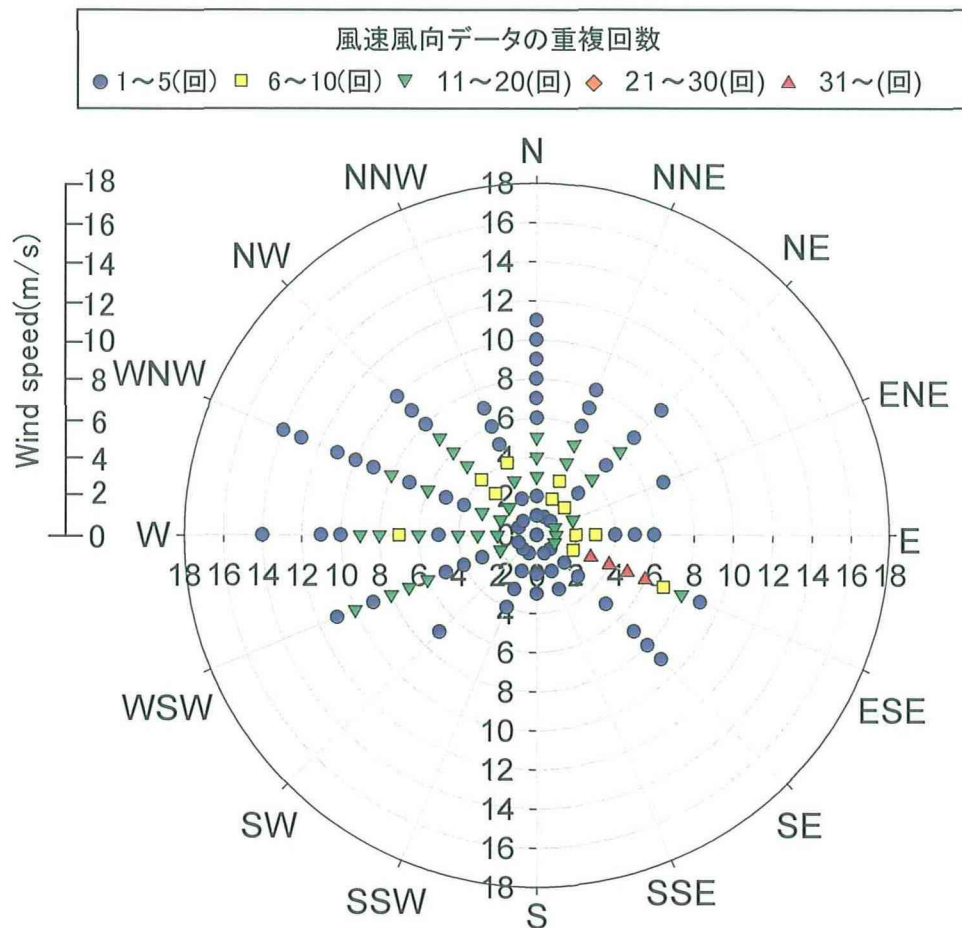


図197 2003年3月の風速と風向分布(留萌)

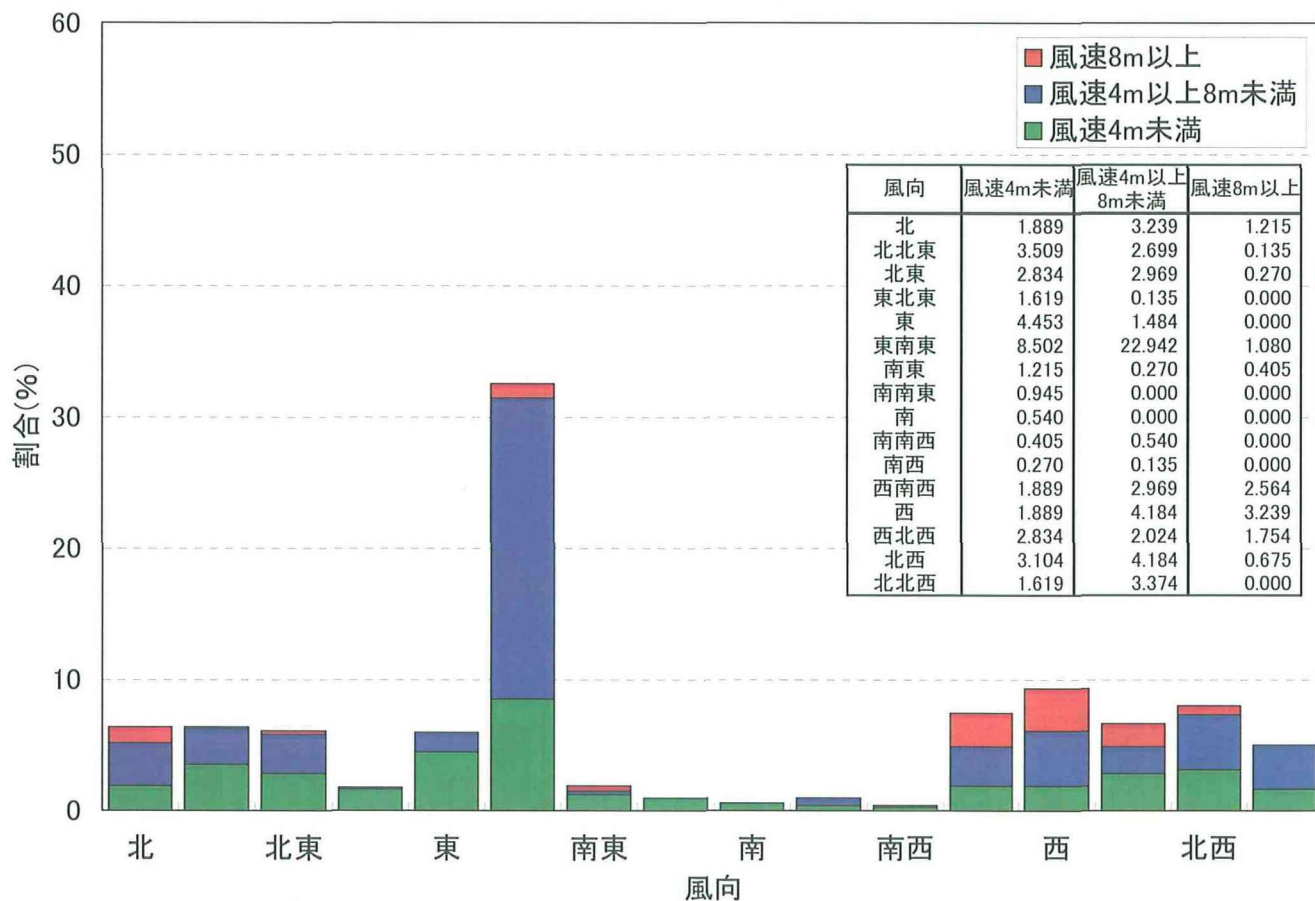


図198 2003年3月の1ヶ月間の風向と風速の割合(留萌)

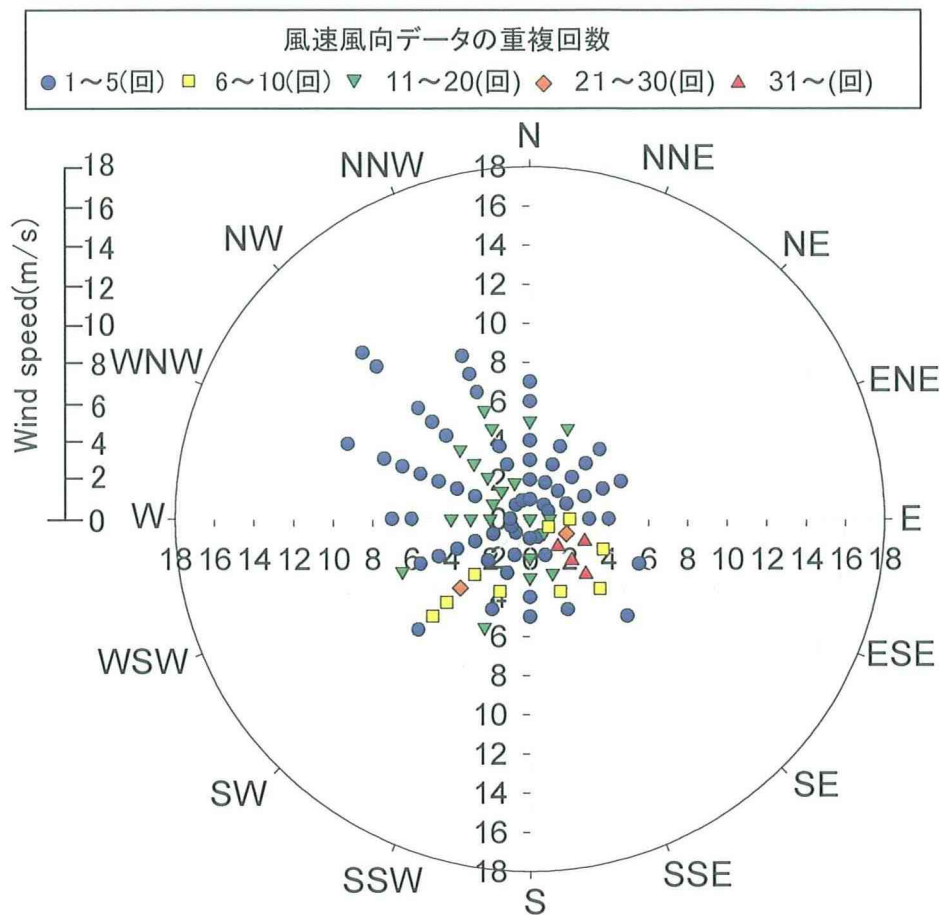


図199 2003年9月の風速と風向分布(羽幌)

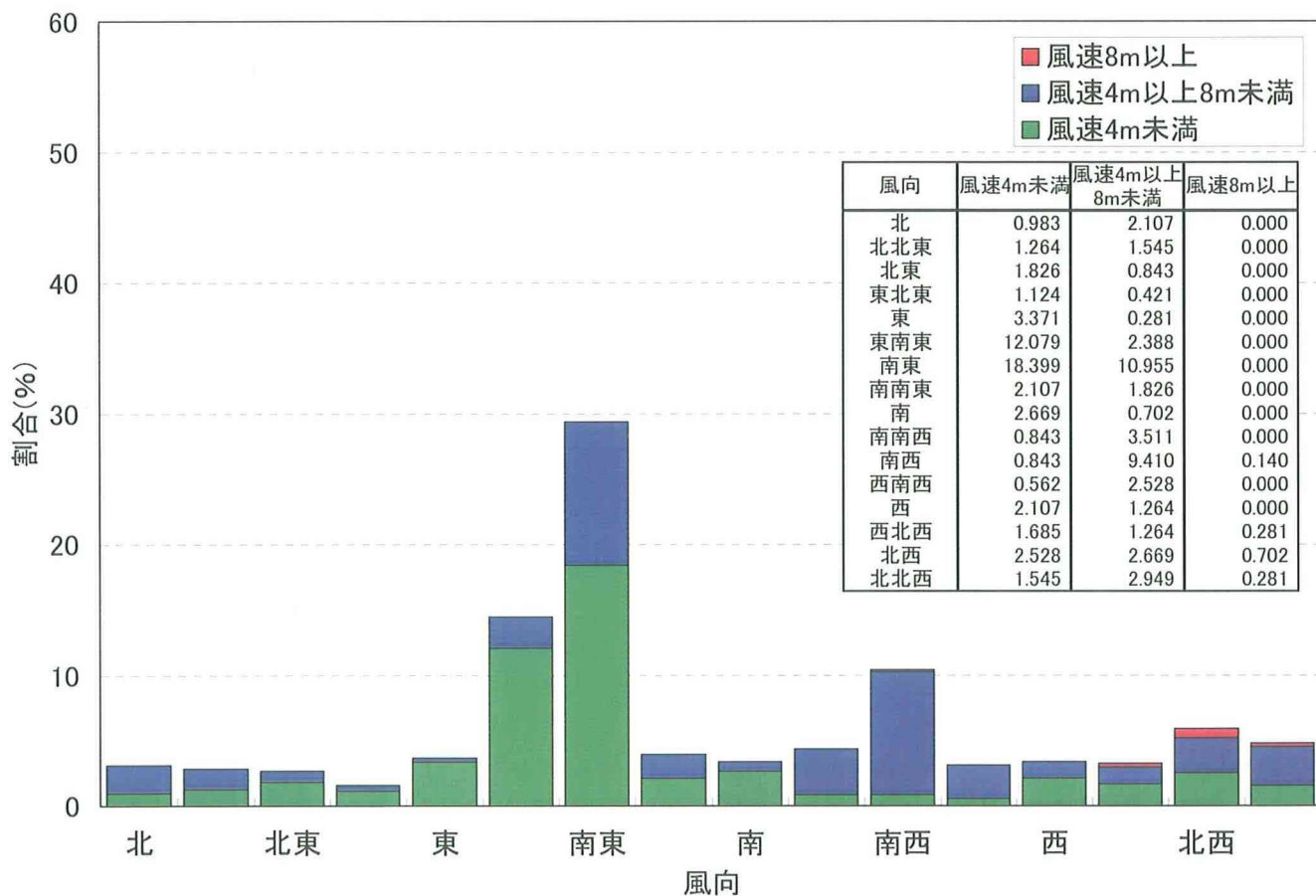


図200 2003年9月の1ヶ月間の風向と風速の割合(羽幌)

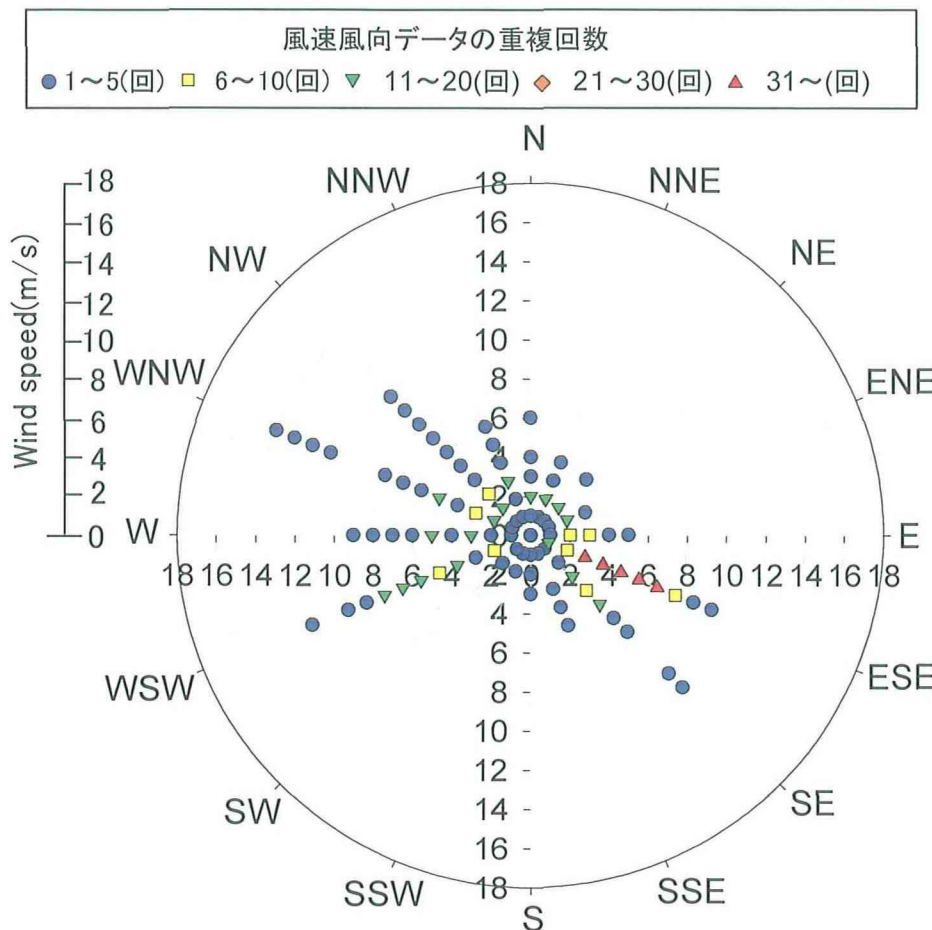


図201 2003年9月の風速と風向分布(留萌)

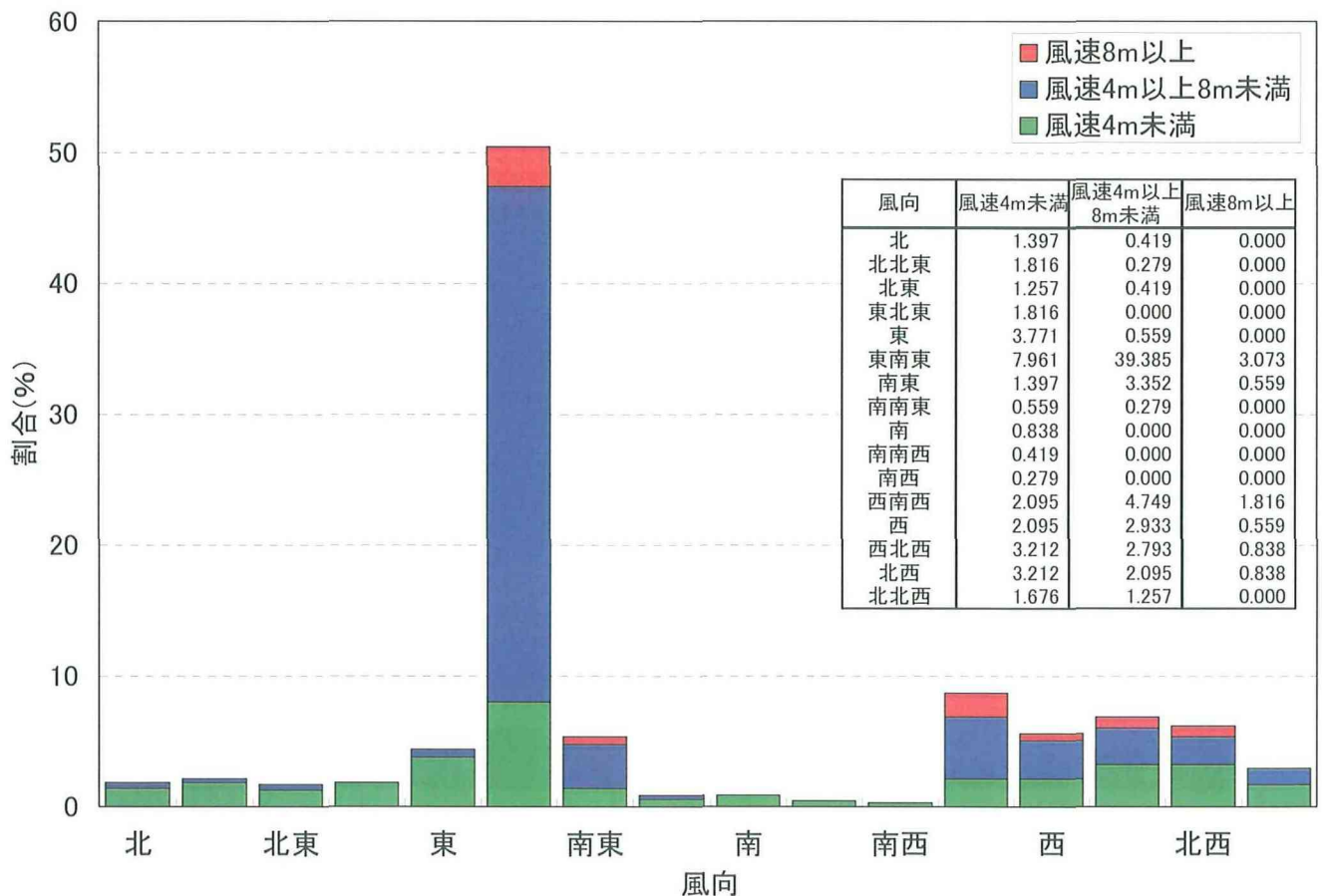


図202 2003年9月の1ヶ月間の風向と風速の割合(留萌)

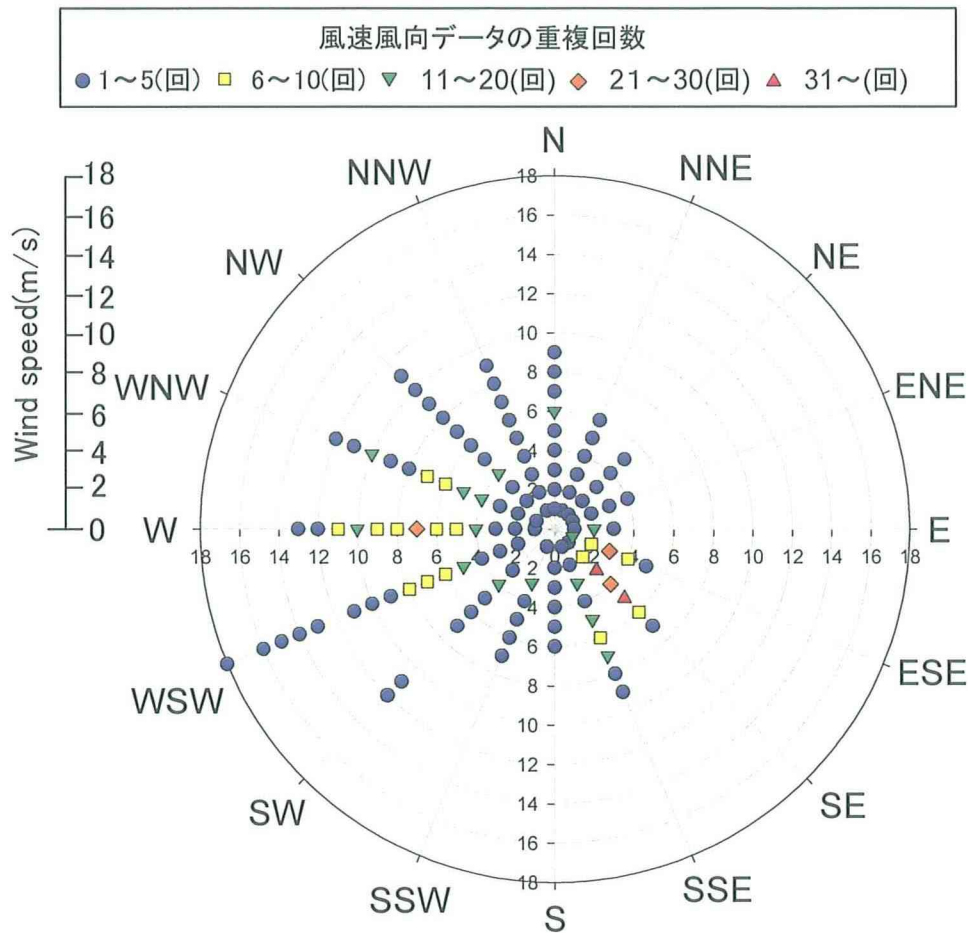


図203 2003年11月の風速と風向分布(羽幌)

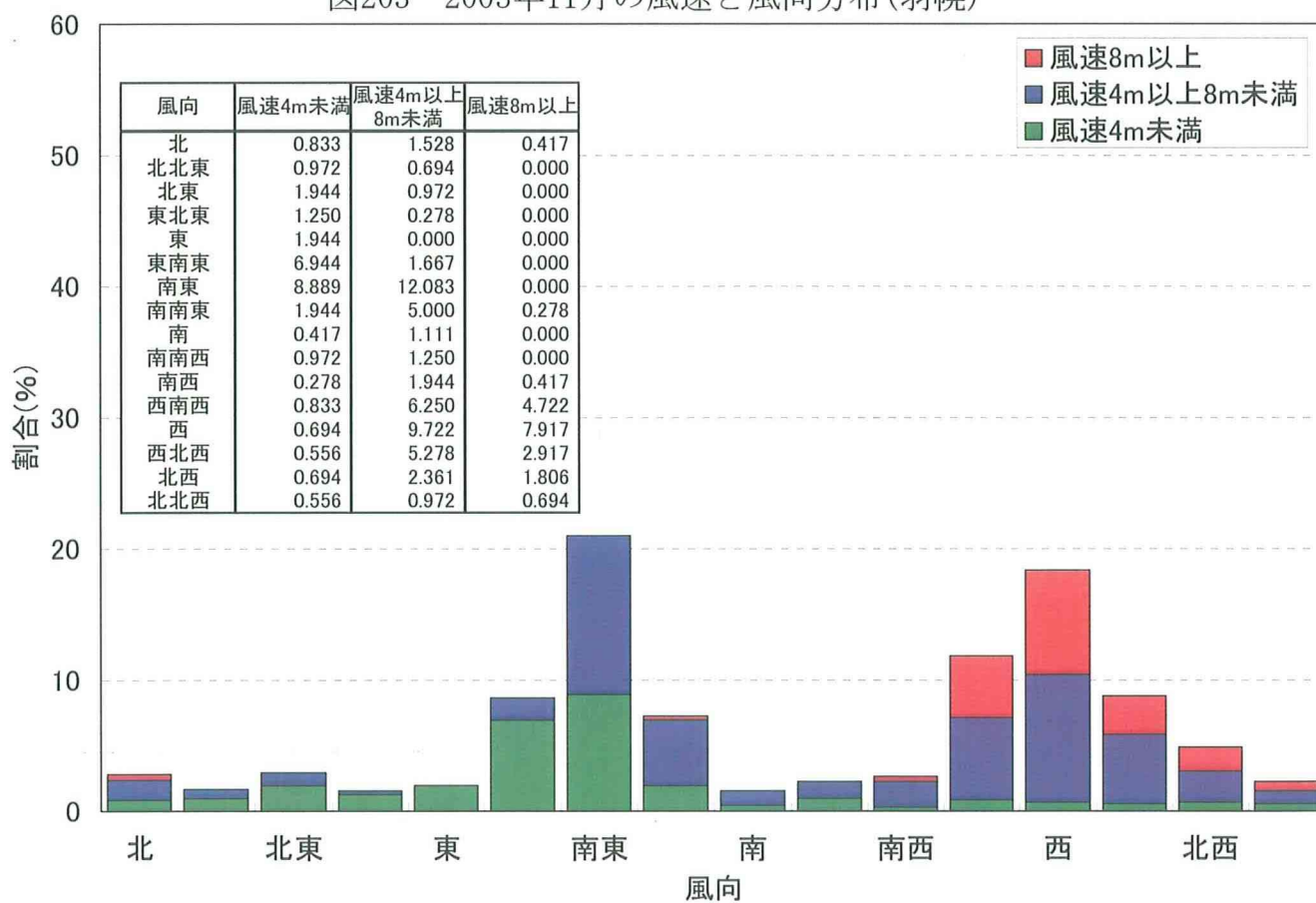


図204 2003年11月の1ヶ月間の風向と風速の割合(羽幌)

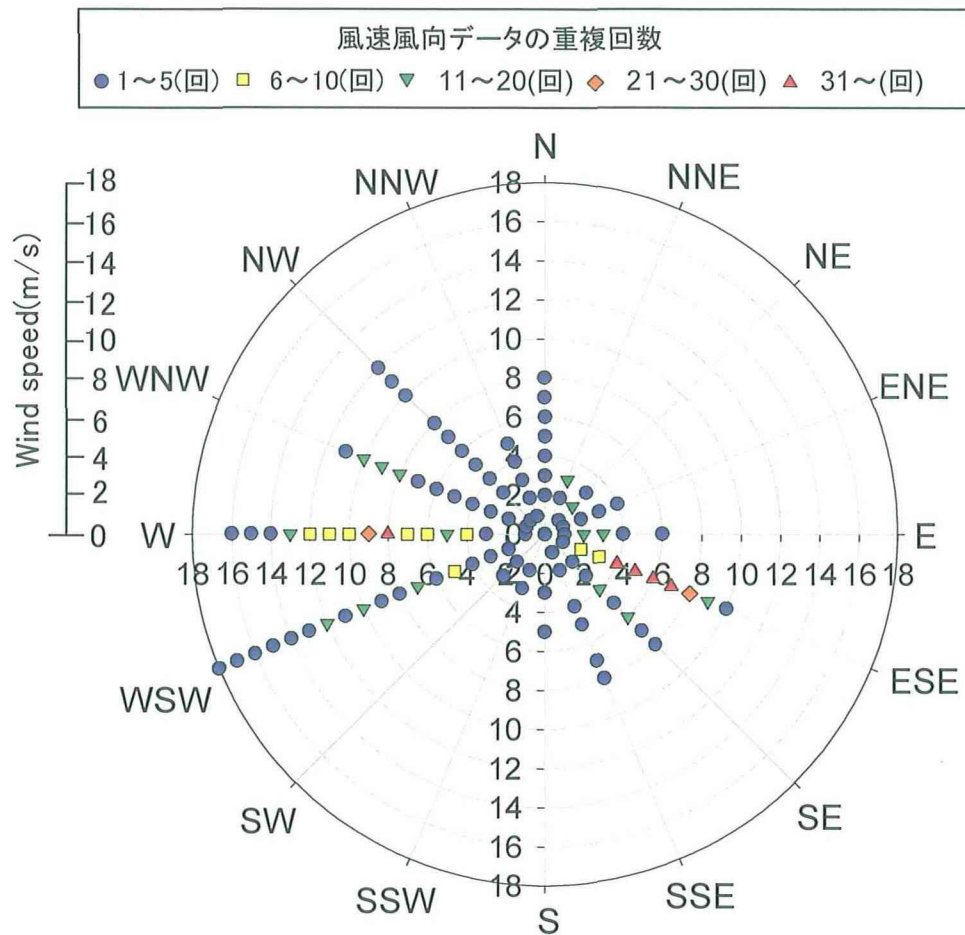


図205 2003年11月の風速と風向分布(留萌)

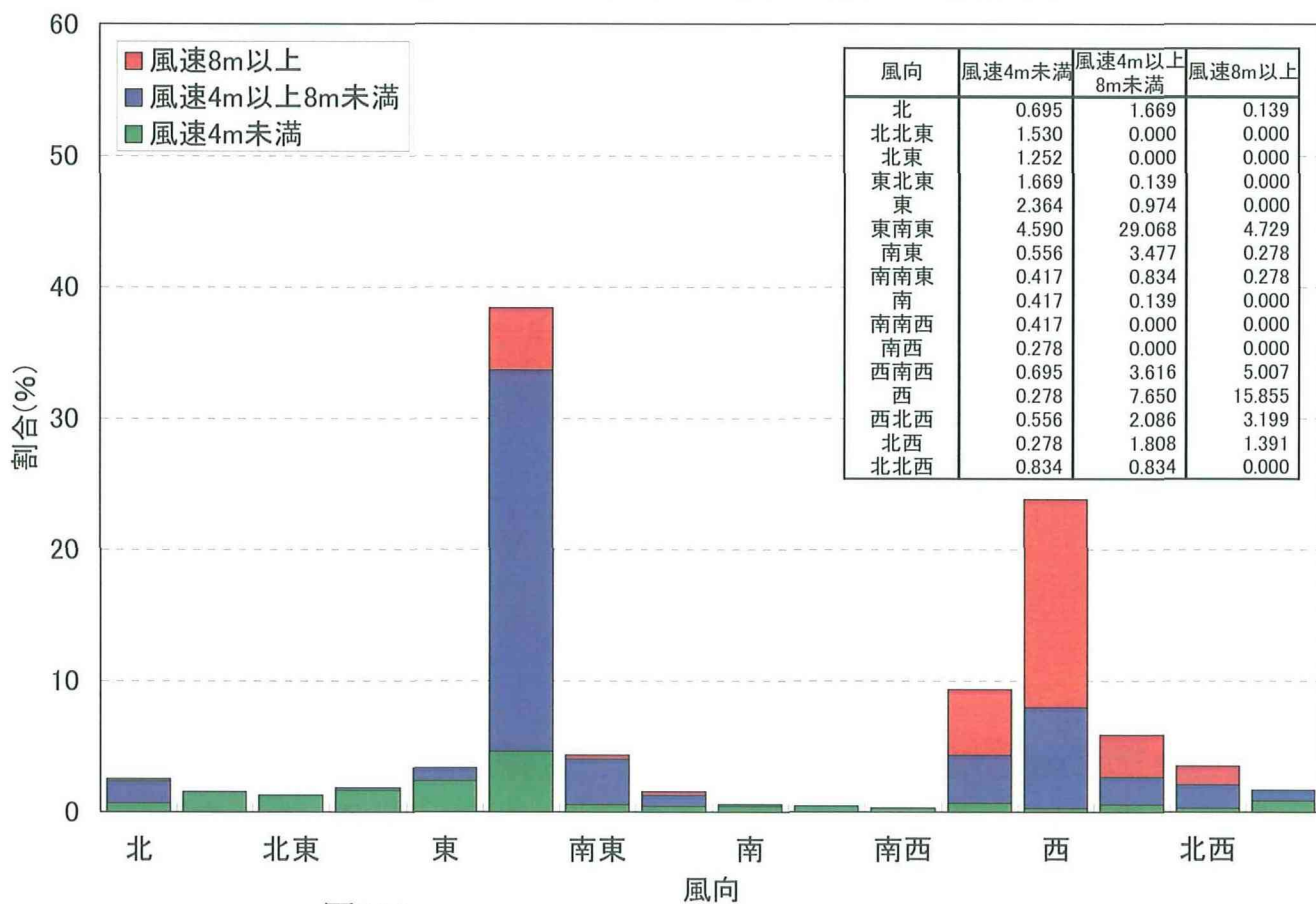


図206 2003年11月の1ヶ月間の風向と風速の割合(留萌)

羽幌、留萌の風向、風速割合

図9～図12より、2002年12月は羽幌と留萌の両方の地域では海塩粒子を含むと考えられる西南西～北西から吹く風の割合が大きく、羽幌では全体の65%以上、留萌では70%以上であることがわかった。また、西南西～北西から吹く風は風速8 m以上の強い風が吹く割合が大きかった。羽幌では他の各風向毎での風の割合は10%未満だったが、留萌では東南東から吹く風の割合も全体の10%以上と大きかった。

図13～図16より、2003年3月羽幌では東南東～南東から吹く風の割合が全体の25%程であるが、他の各風向毎での風の割合は10%未満だった。留萌では東南東から吹く風の割合が全体の30%以上と大きく、他の各風向毎での風の割合は10%未満だった。羽幌と留萌で共通する点は、西側からの風が吹く割合が小さいこと、全風向において風速8 m以上の強い風がほとんど吹かないことである。

図17～図20より、2003年9月羽幌では東南東～南東から吹く風の割合が全体の43%程と大きく、南西から吹く風の割合も全体の10%以上だった。他の各風向毎での風の割合は10%未満だった。留萌では東南東から吹く風の割合が50%以上と大きく、他の各風向毎での風の割合は10%未満だった。2003年9月も2003年3月と同様に羽幌、留萌の両方で西側からの風が吹く割合が小さく、全風向において風速8 m以上の強い風がほとんど吹かなかった。

図21～図24より、西南西～北西から吹く風の割合が全体の43%以上、東南東～南南東から吹く風の割合が36%以上で、他の各風向毎での風の割合は5%未満だった。留萌では西南西～北西から吹く風の割合は全体の42%以上、東南東から吹く風の割合は全体の38%以上で他の各風向毎での風の割合は5%未満だった。羽幌と留萌で共通する点は2002年12月ほどではないが海塩粒子を含むと考えられる西南西～北西から吹く風の割合が大きく、西南西～北西から吹く風は風速8 m以上の強い風が吹く割合が大きかったことである。

3-1-6 耐張がいしの直流表面抵抗の湿度依存特性

図25～図28は2002年12月に高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの笠ひだを東側と西側に向けて設置した時の各がいしの相対湿度と単位長さ当たりの直流表面抵抗との関係を示す。図29～図32は2003年3月に高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの笠ひだを東側、西側に向けて設置した時のデータである。図33～図40は2003年9月に高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの笠ひだを東西南北に向けて設置した時のデータである。図41～図48は2003年11月に高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの笠ひだを東西南北に向けて設置した時のデータである。

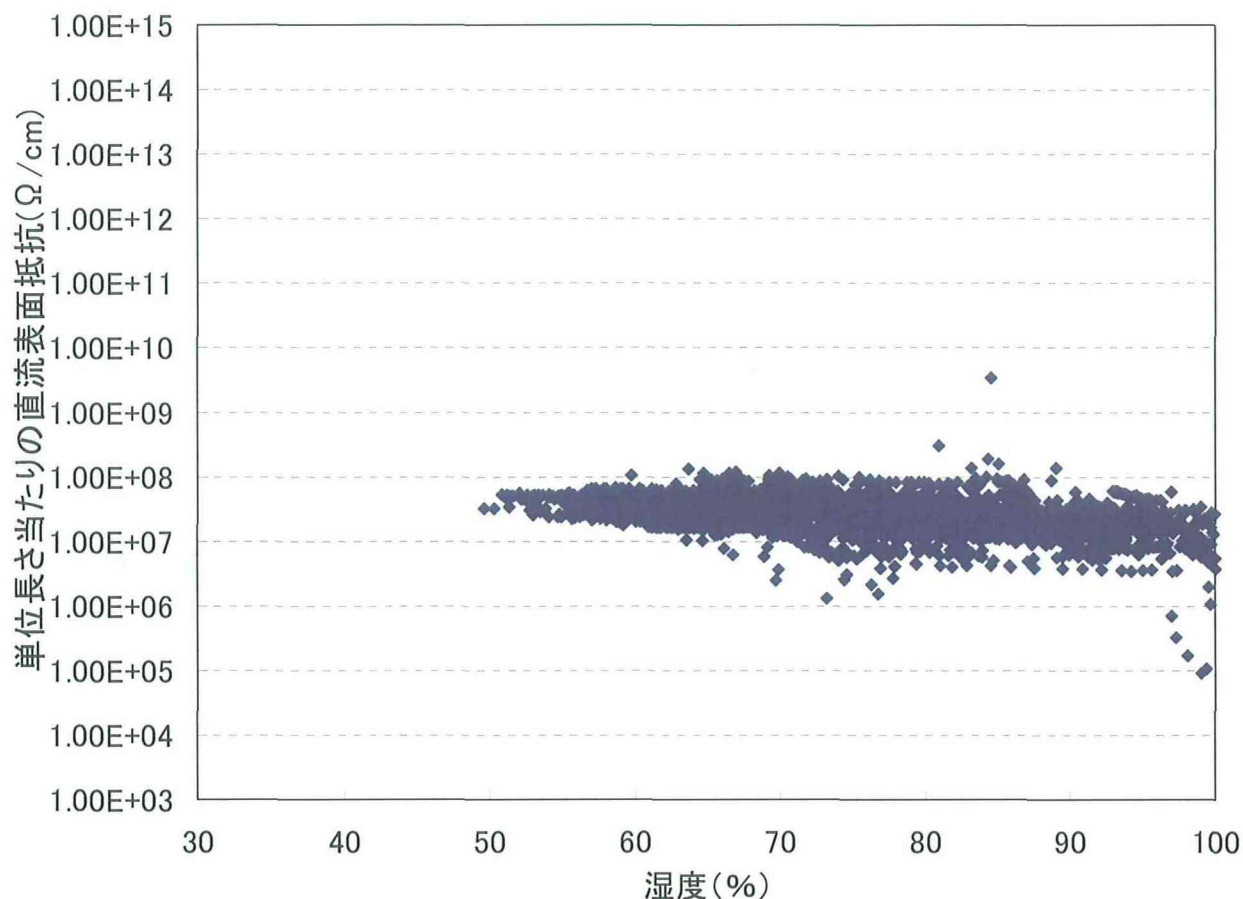


図207 高圧耐張がいし東向き(2002年12月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

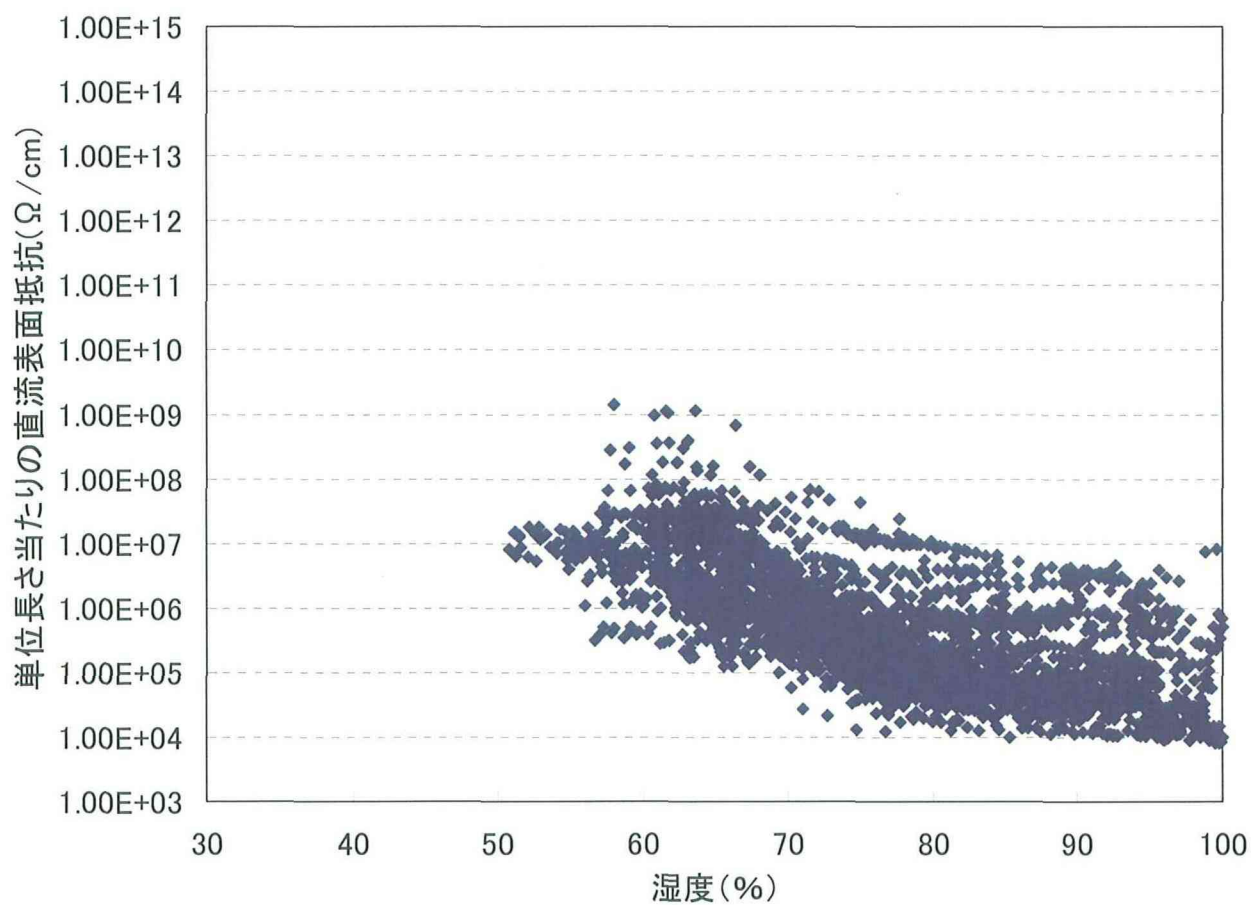


図208 高圧耐張がいし西向き(2002年12月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

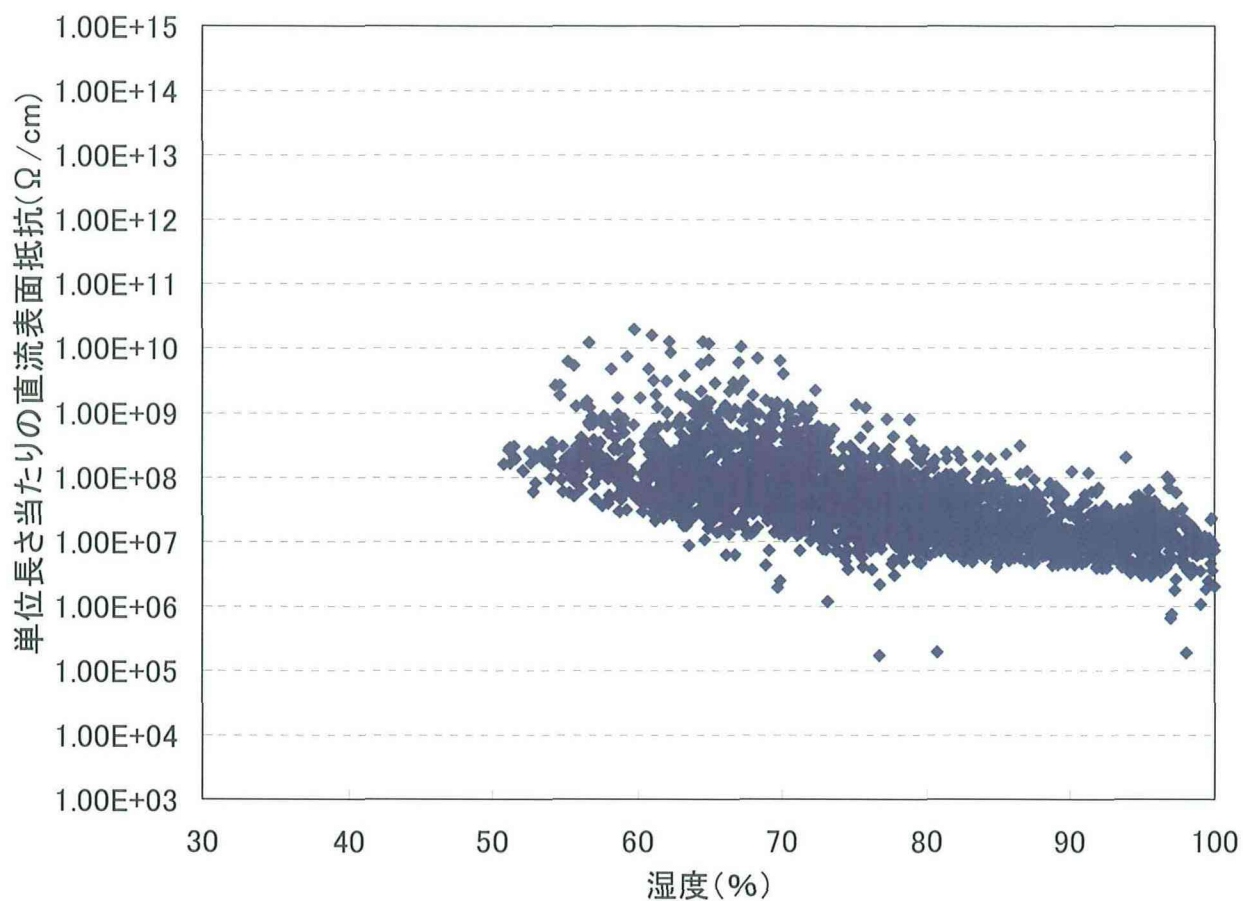


図209 耐塩形高圧耐張がいし東向き(2002年12月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

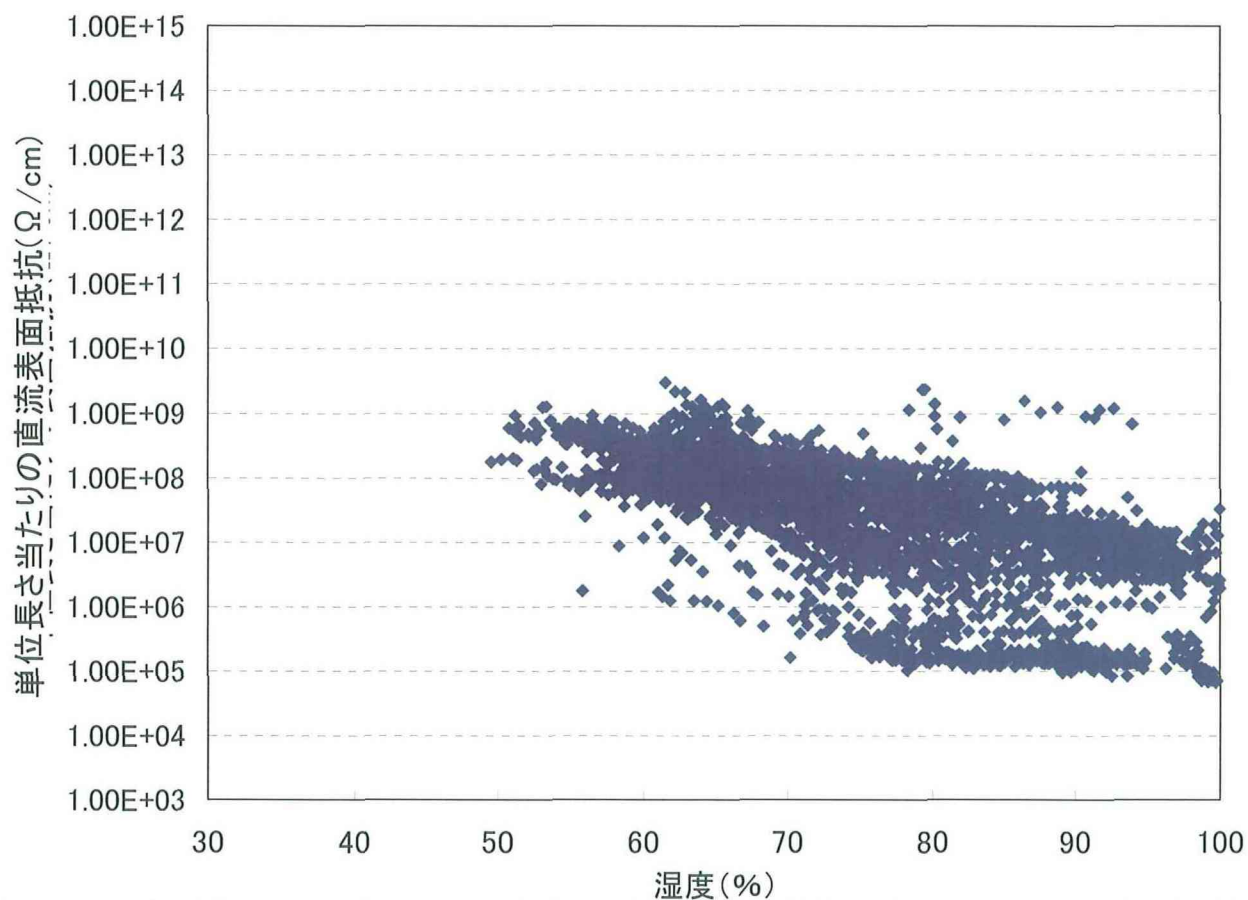


図210 耐塩形高圧耐張がいし西向き(2002年12月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

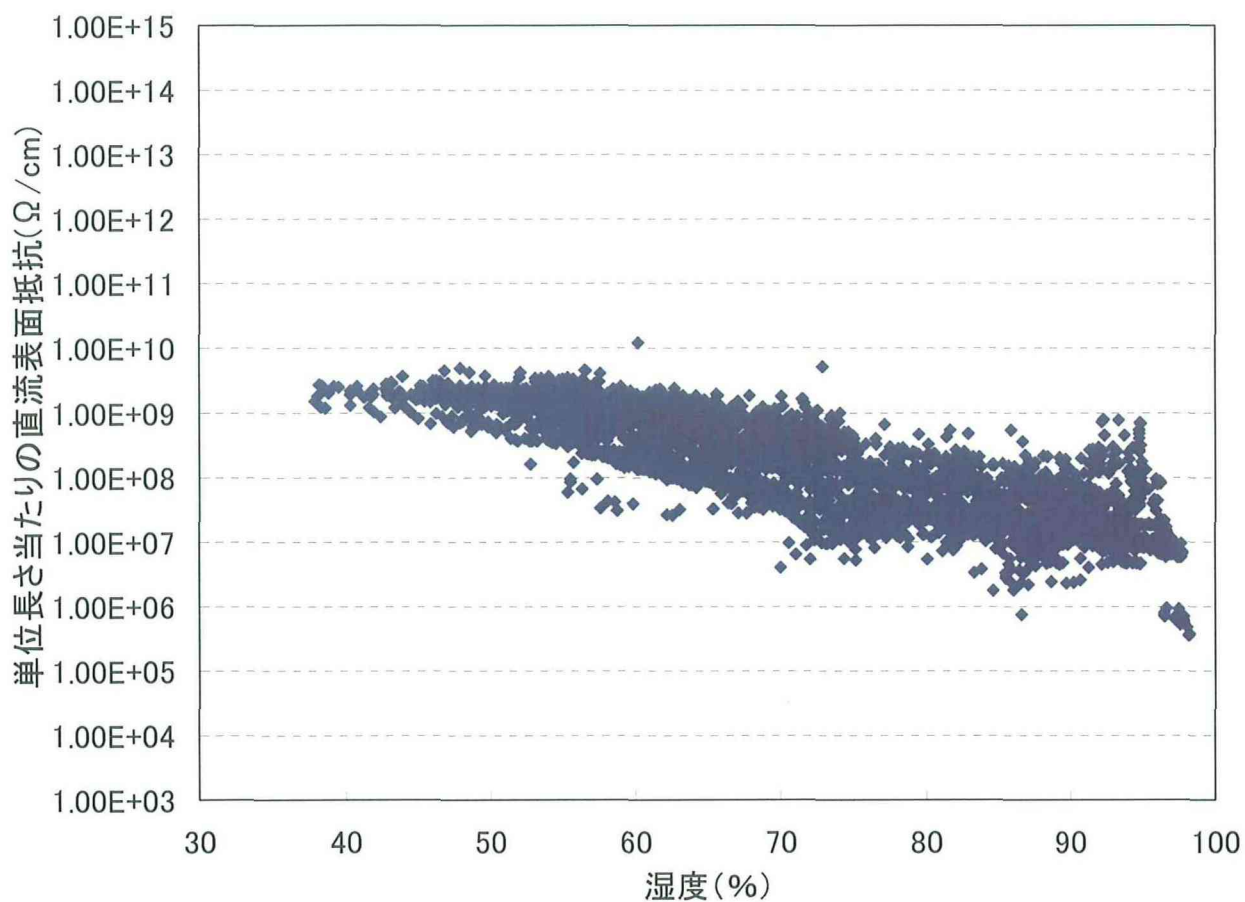


図211 高圧耐張がいし東向き(2003年3月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

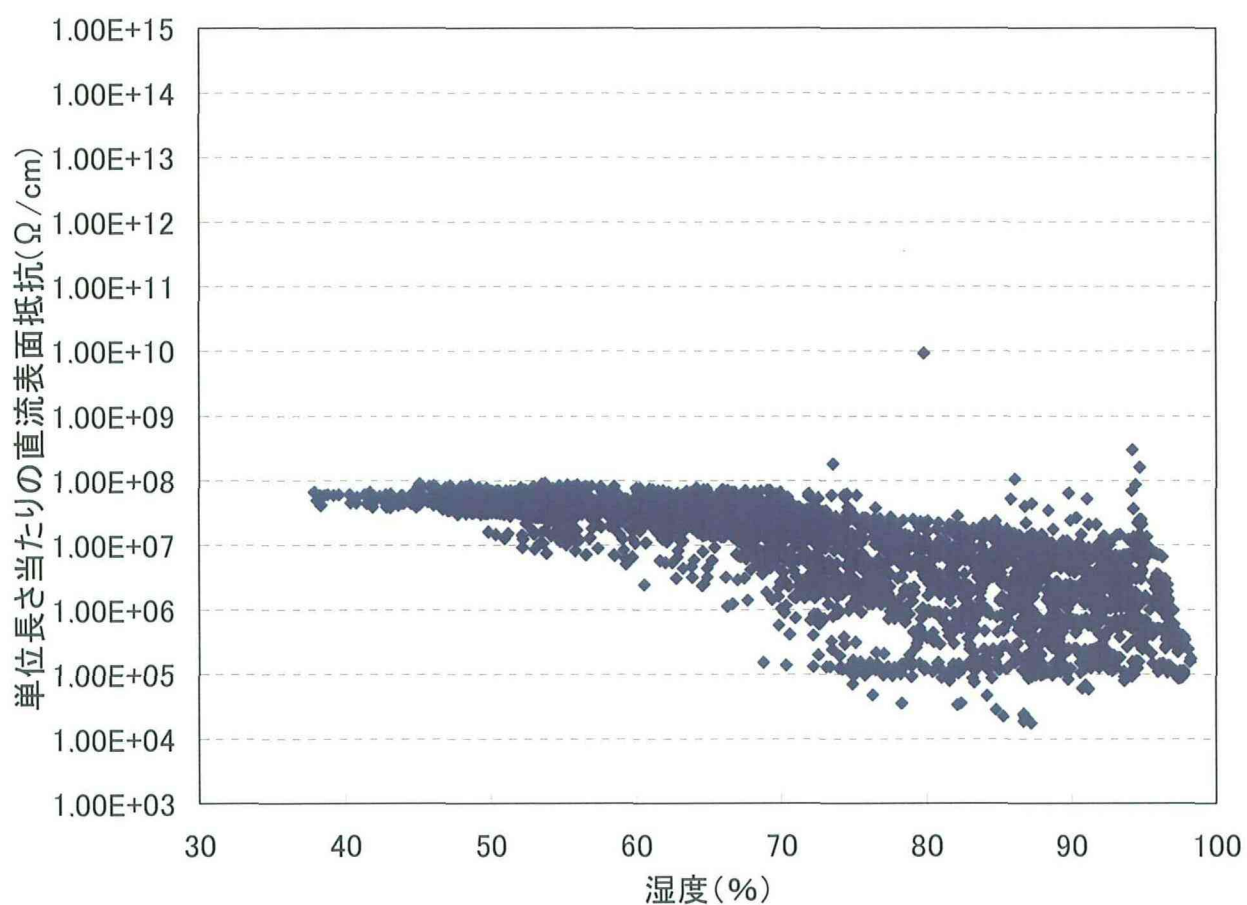


図212 高圧耐張がいし西向き(2003年3月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

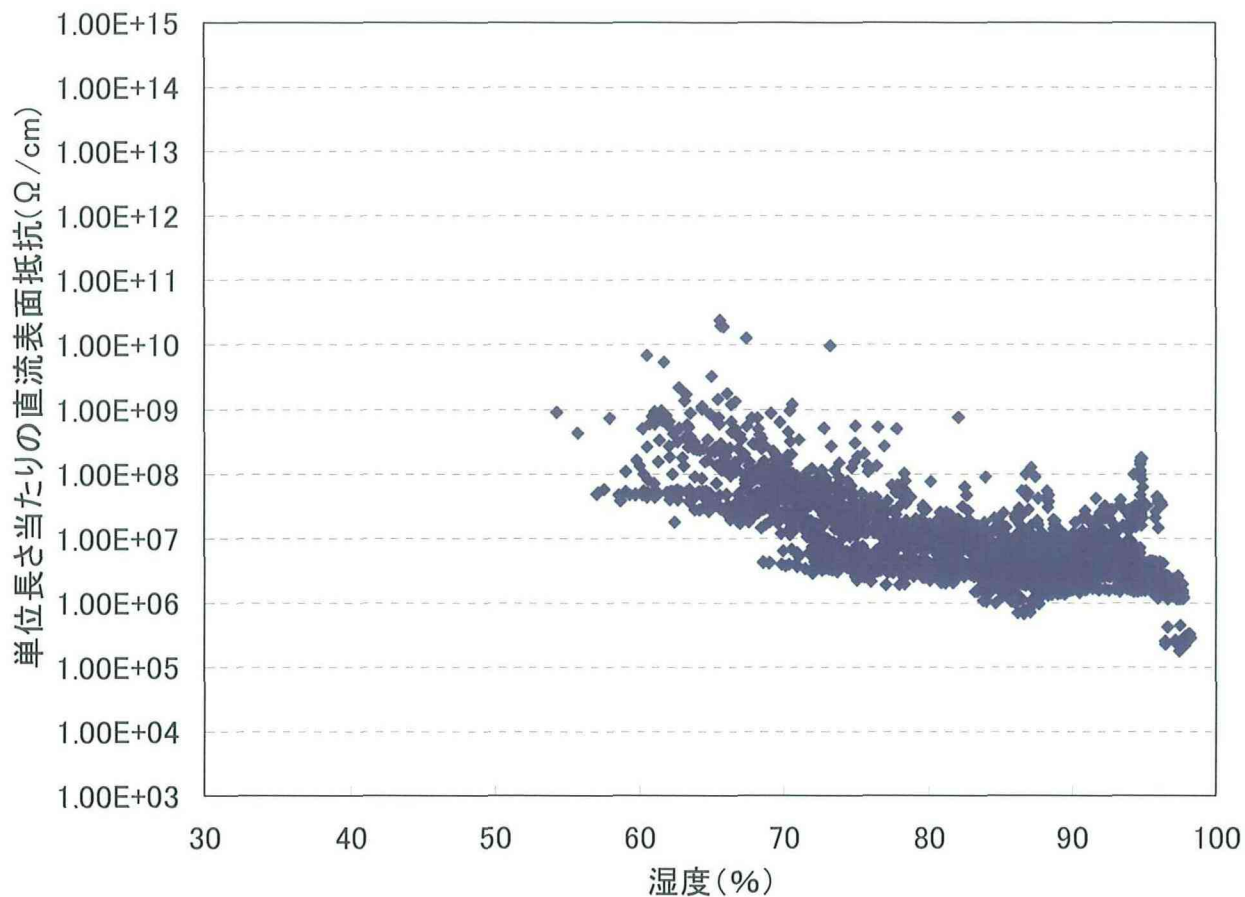


図213 耐塩形高圧耐張がいし東向き(2003年3月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

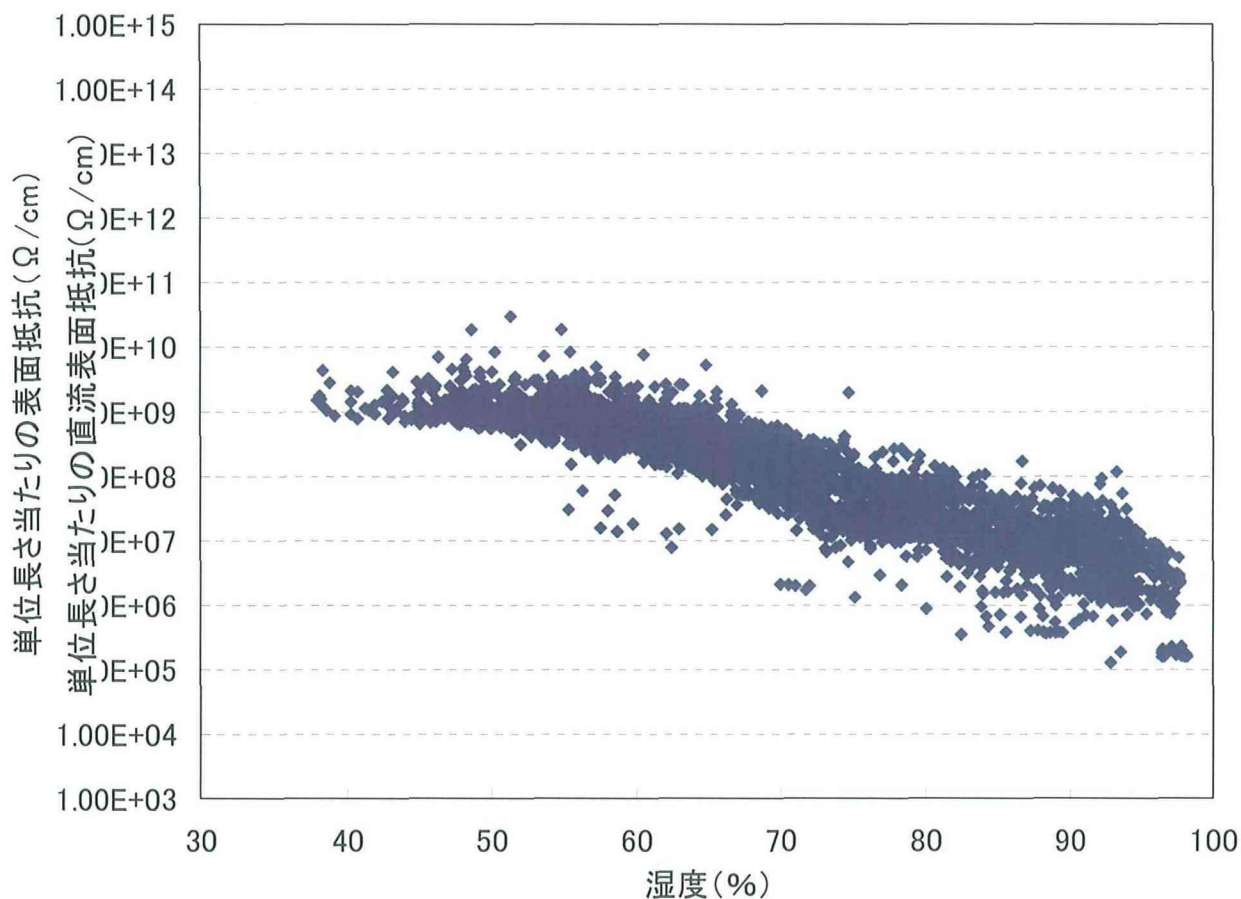


図214 耐塩形高圧耐張がいし西向き(2003年3月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

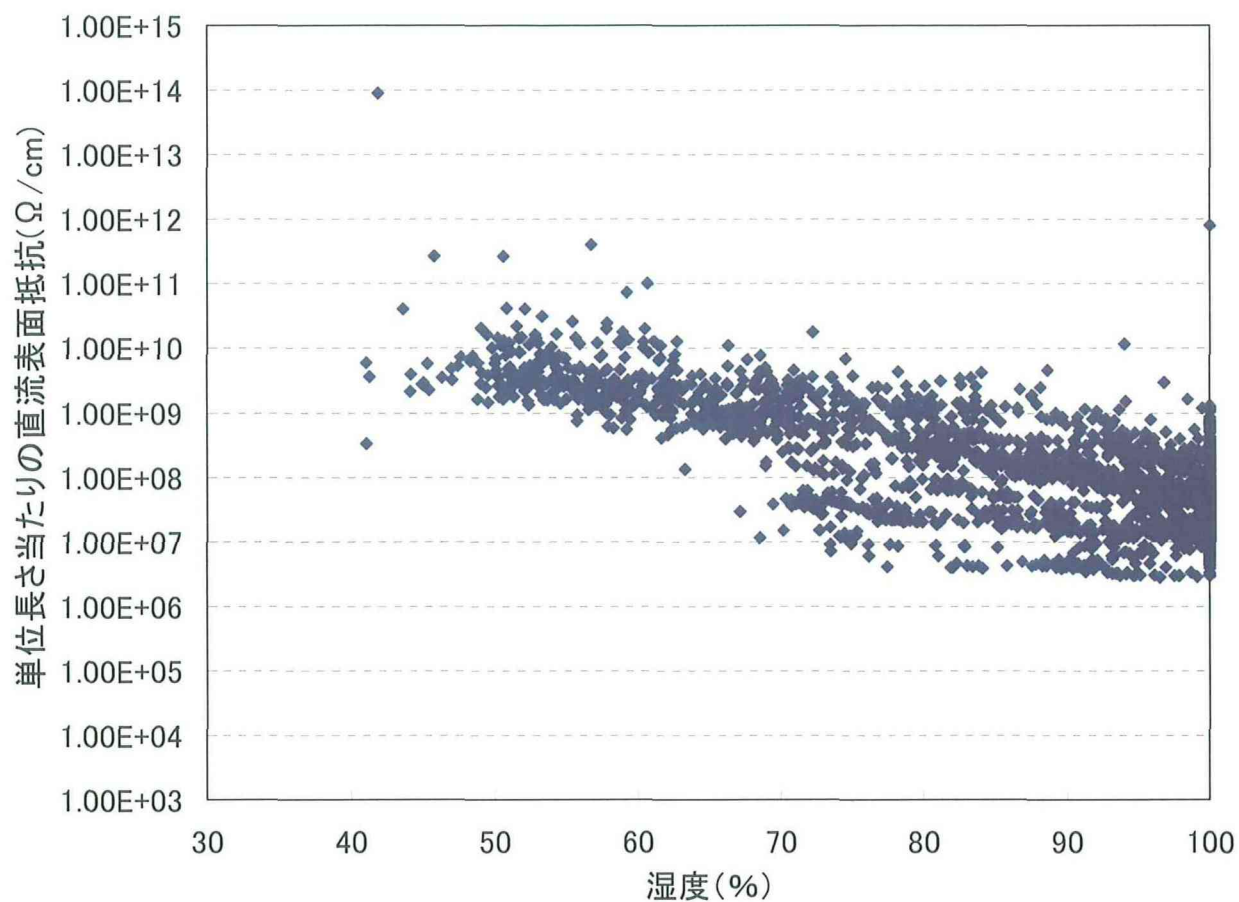


図215 高圧耐張がいし東向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

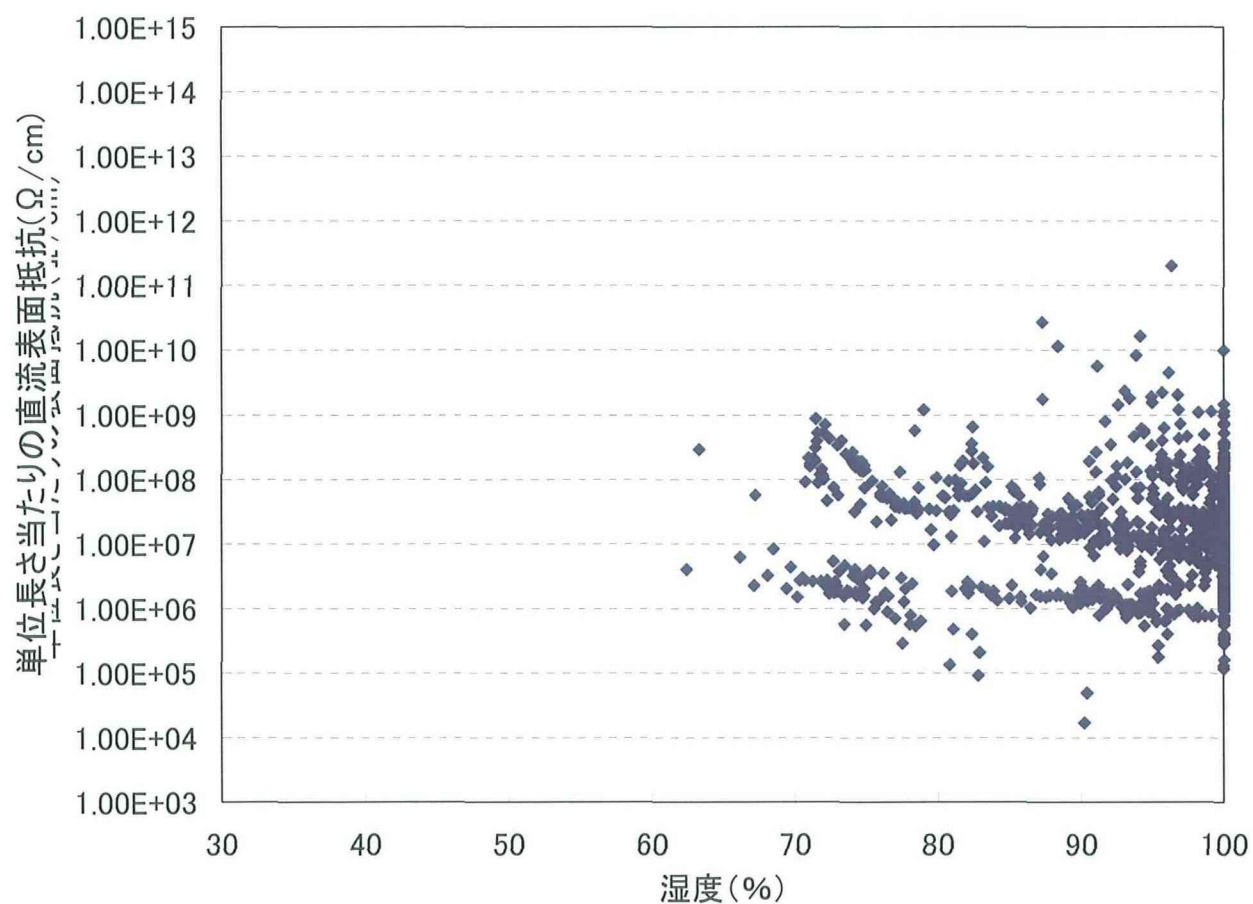


図216 高圧耐張がいし西向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

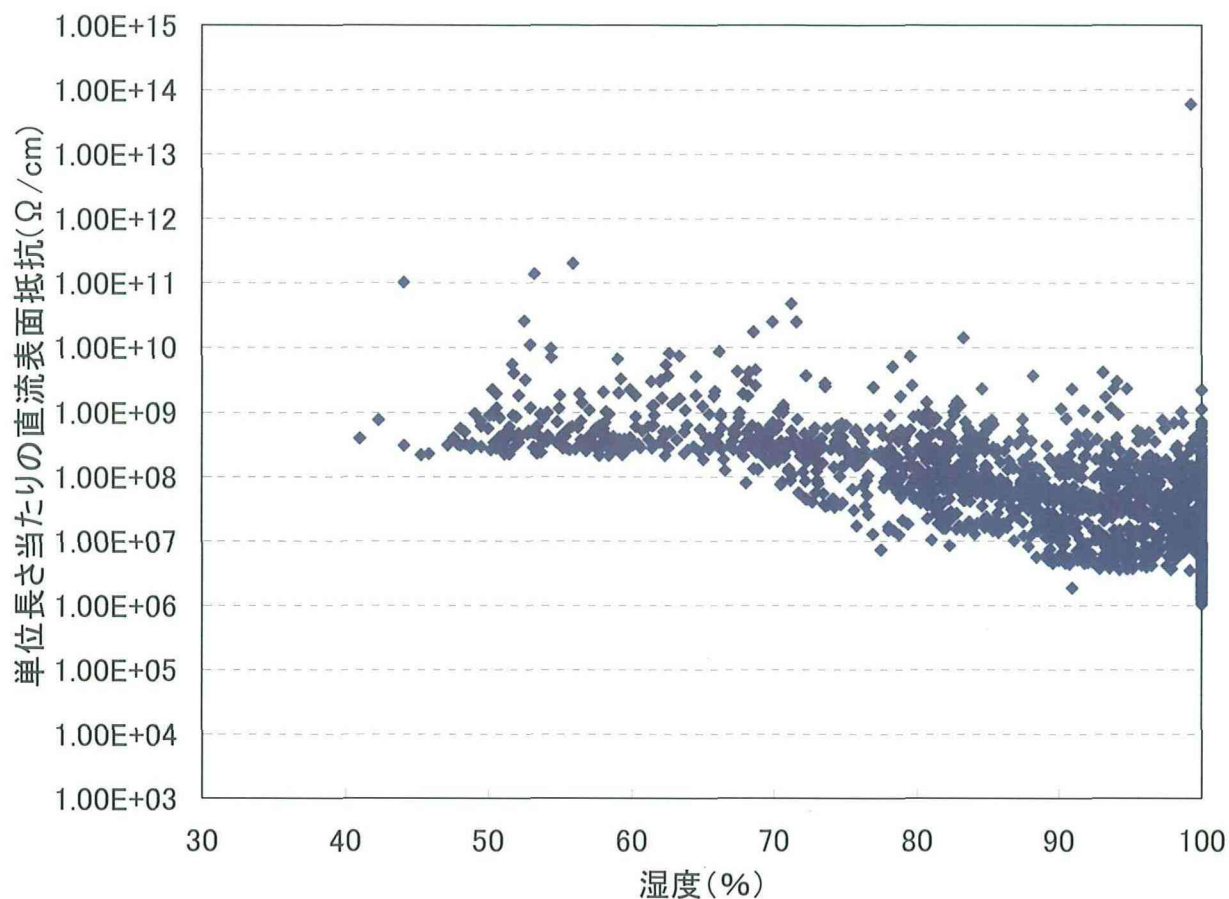


図217 高圧耐張がいし北向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

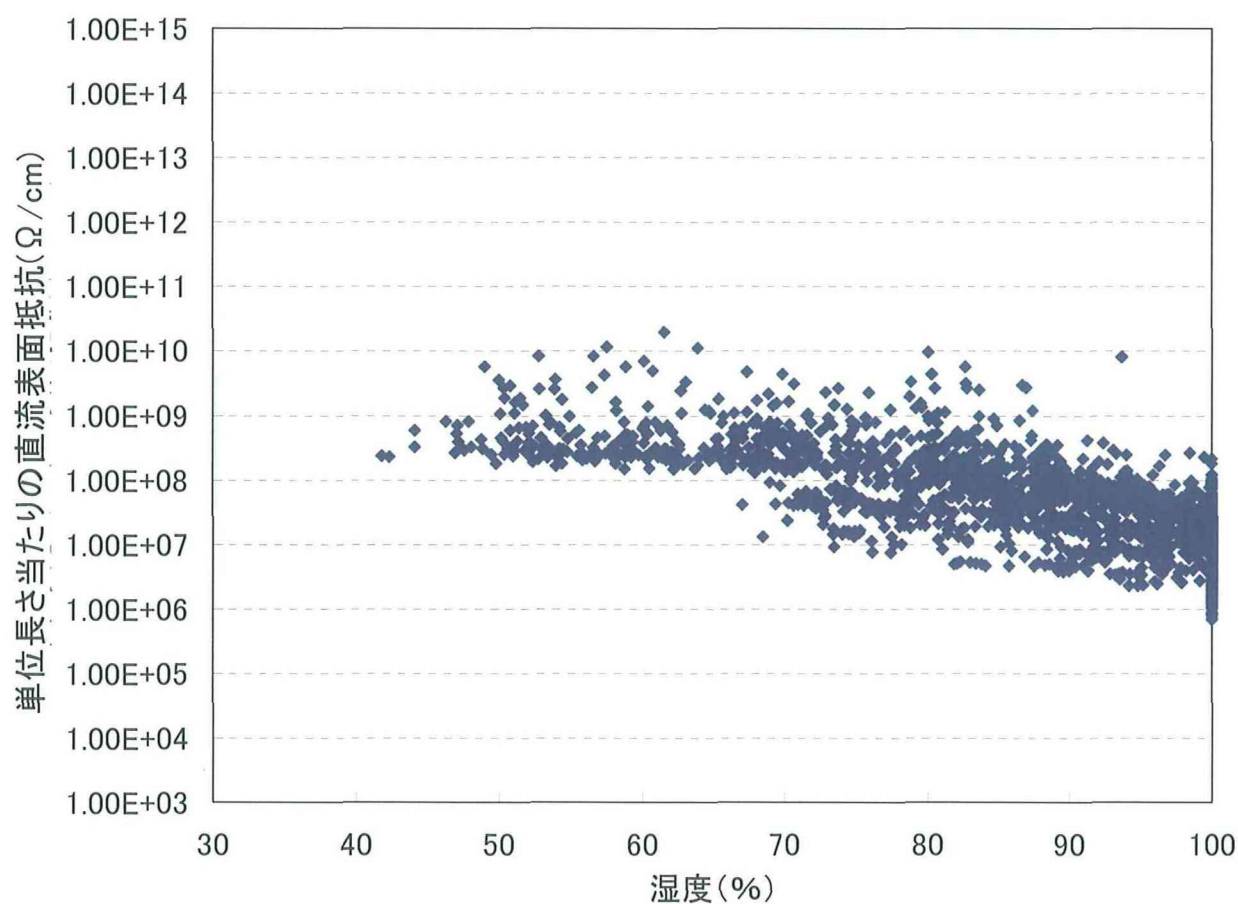


図218 高圧耐張がいし南向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

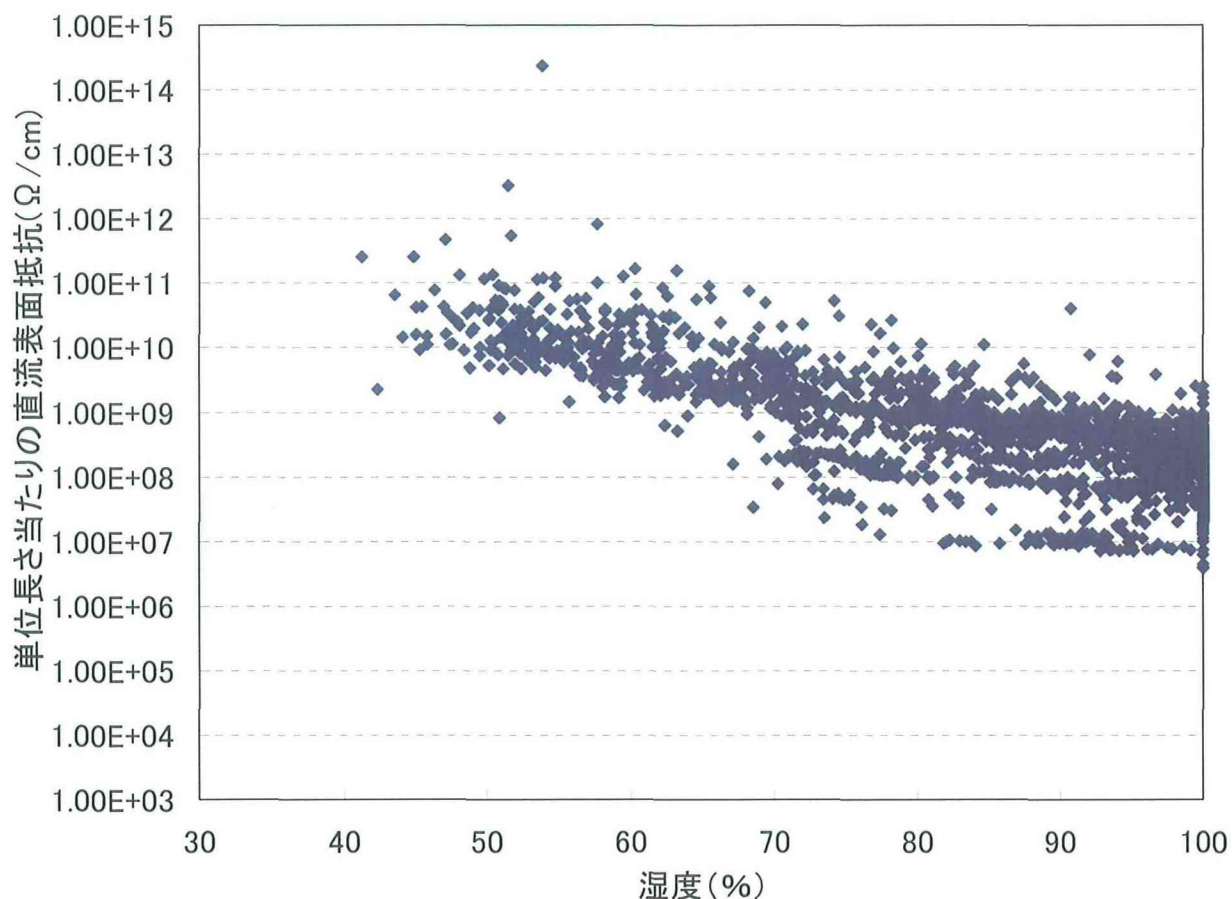


図219 耐塩形高圧耐張がいし東向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

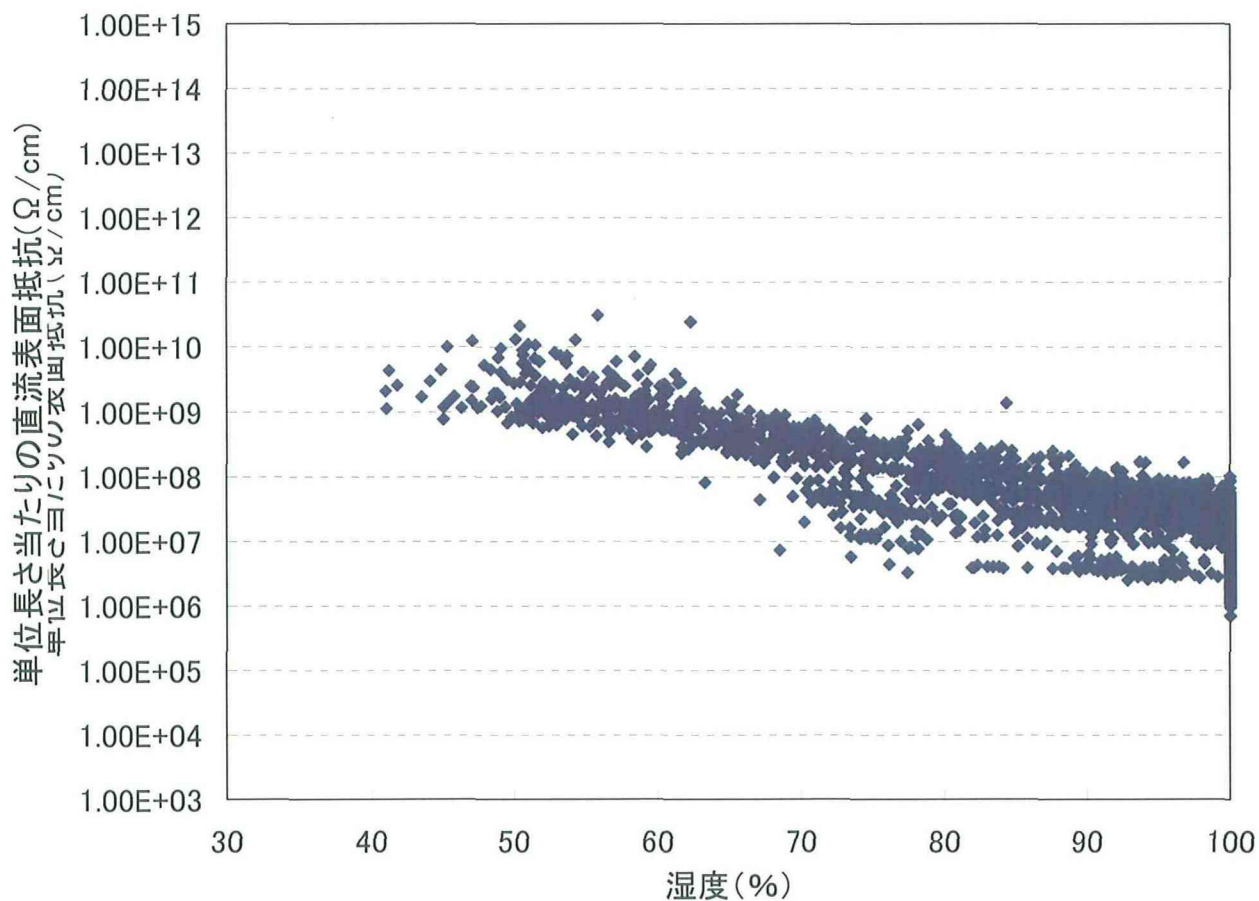


図220 耐塩形高圧耐張がいし西向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

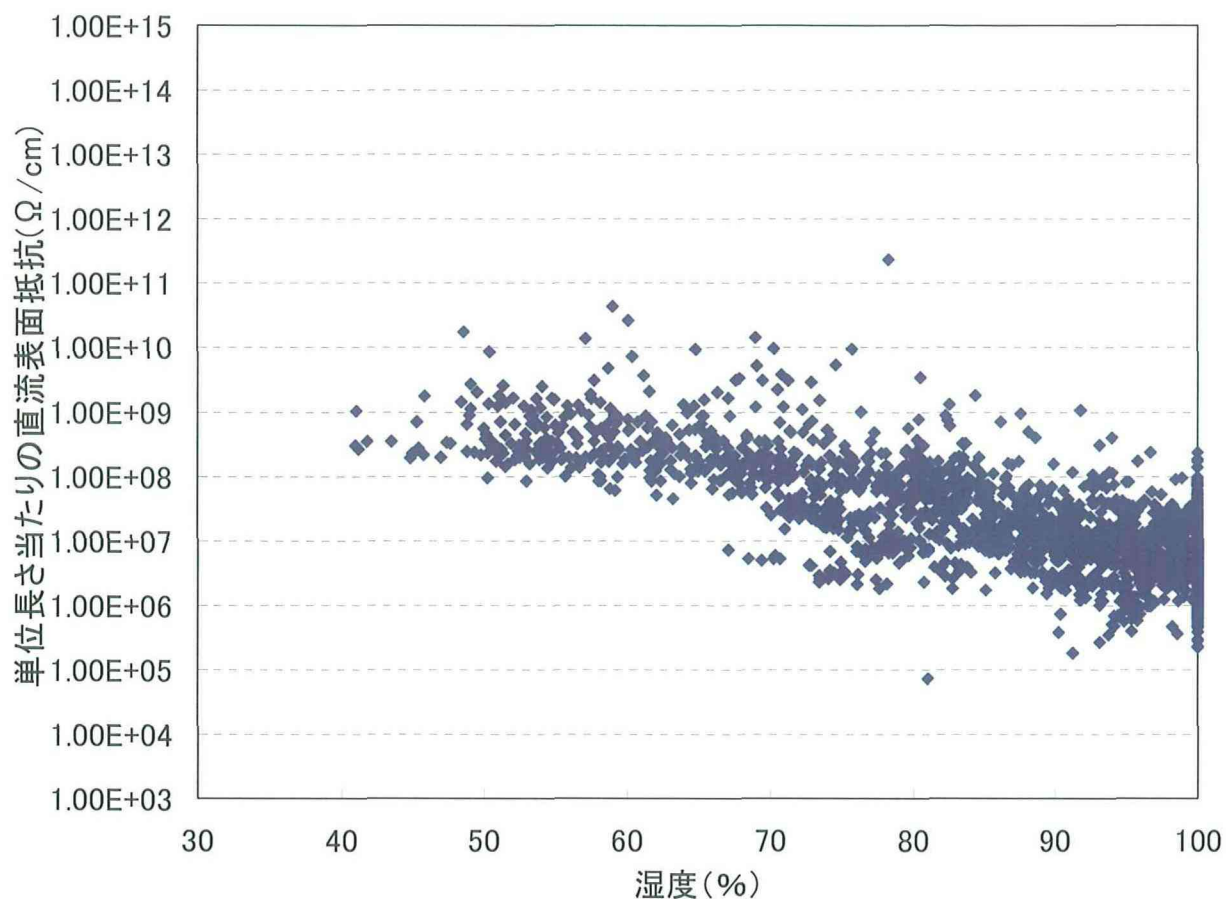


図221 耐塩形高圧耐張がいし北向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

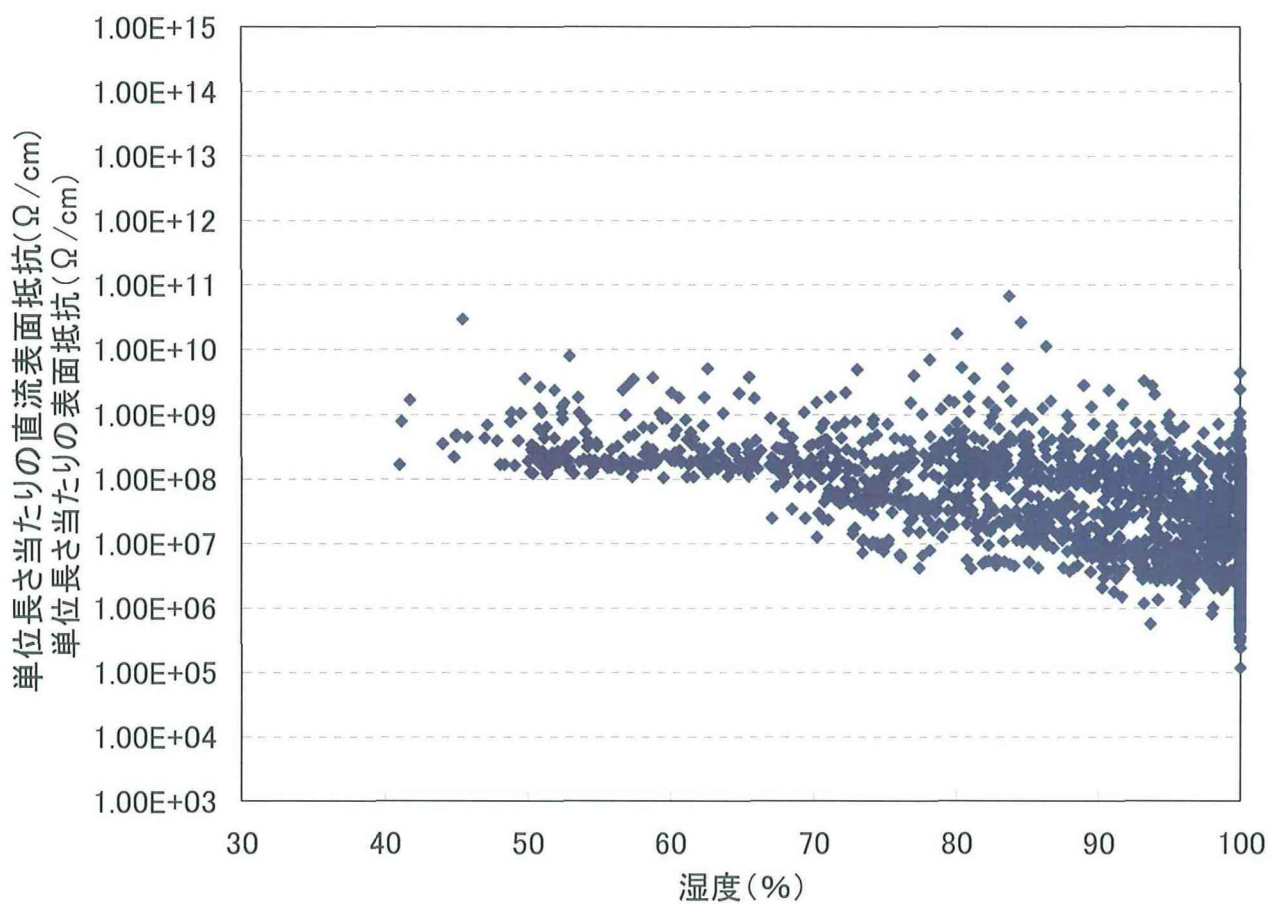


図222 耐塩形高圧耐張がいし南向き(2003年9月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

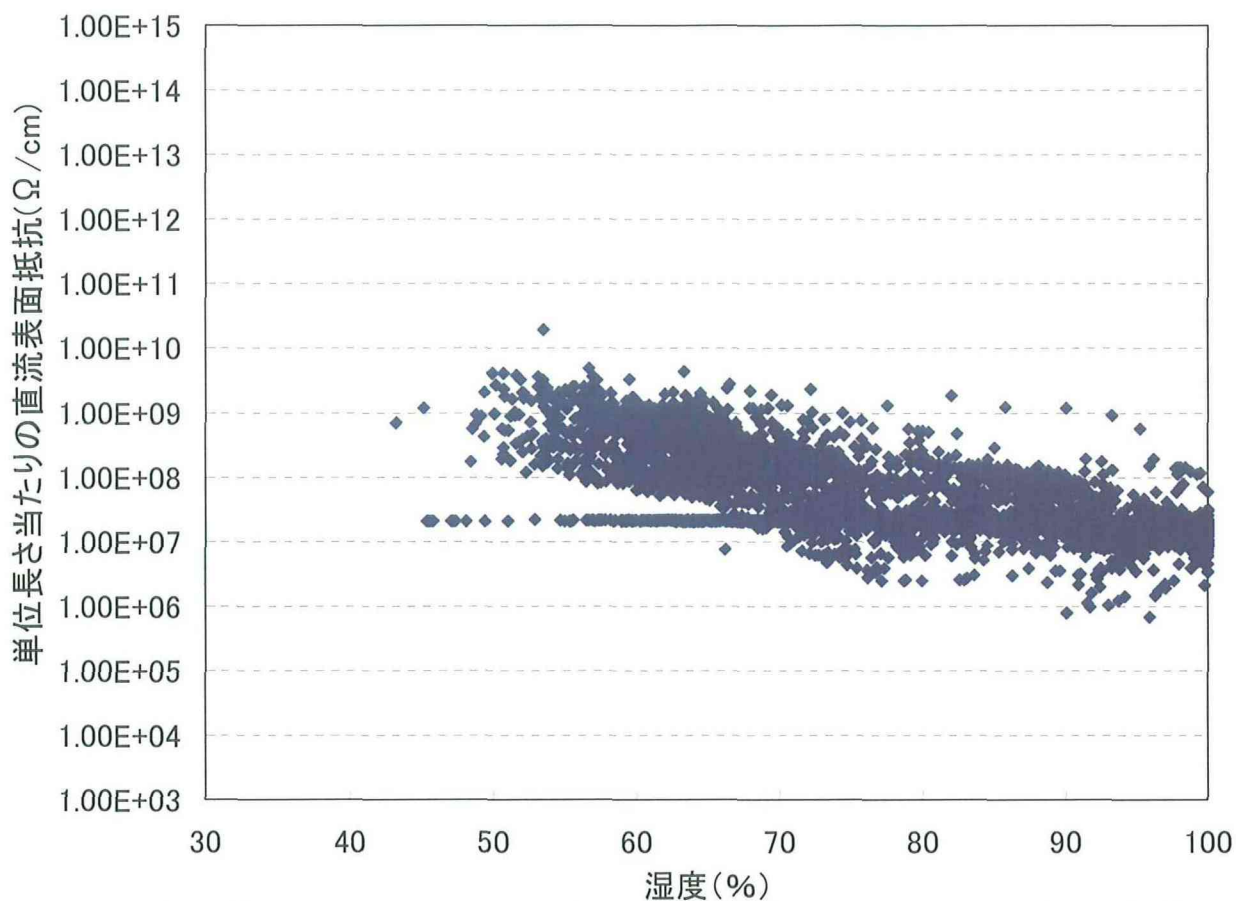


図223 高圧耐張がいし東向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

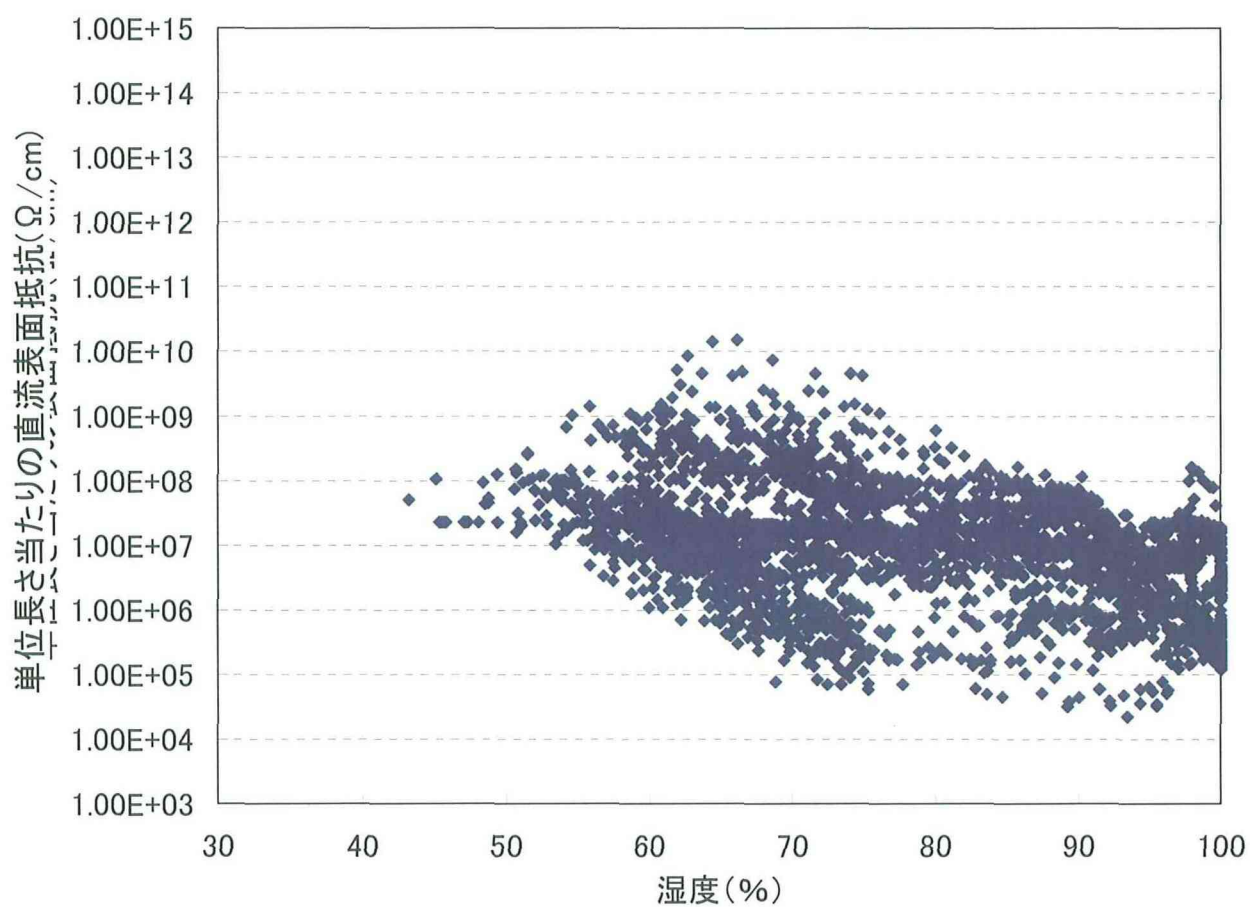


図224 高圧耐張がいし西向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

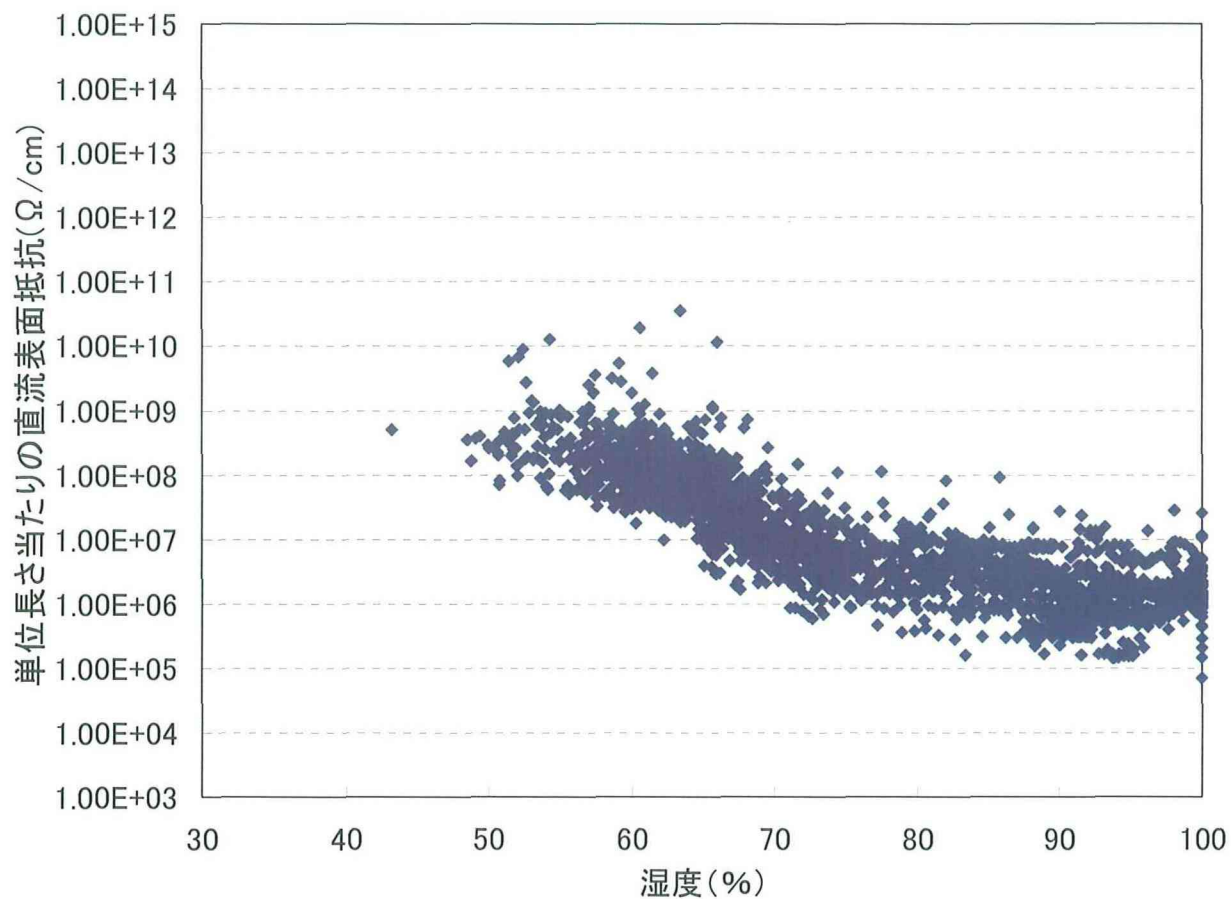


図225 高圧耐張がいし北向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

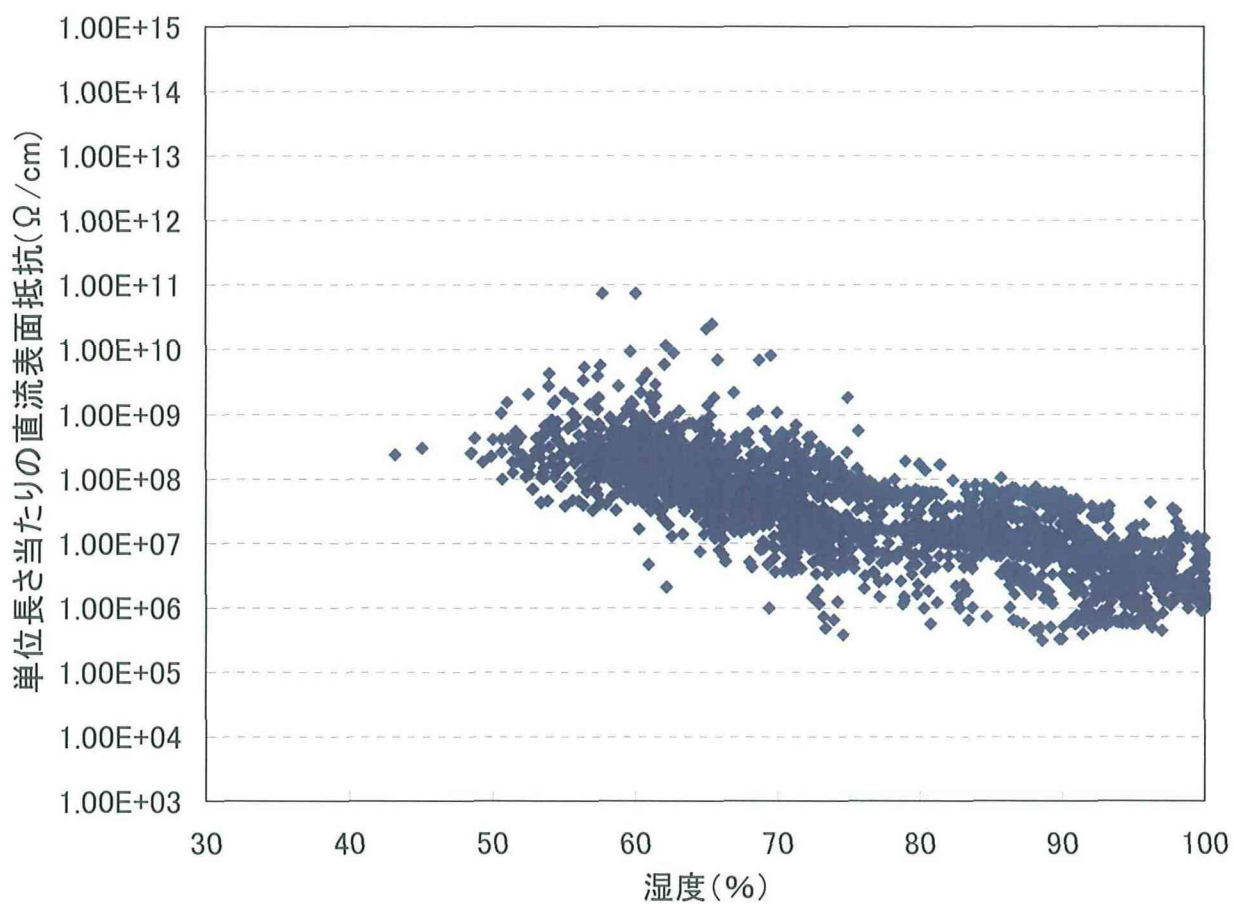


図226 高圧耐張がいし南向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

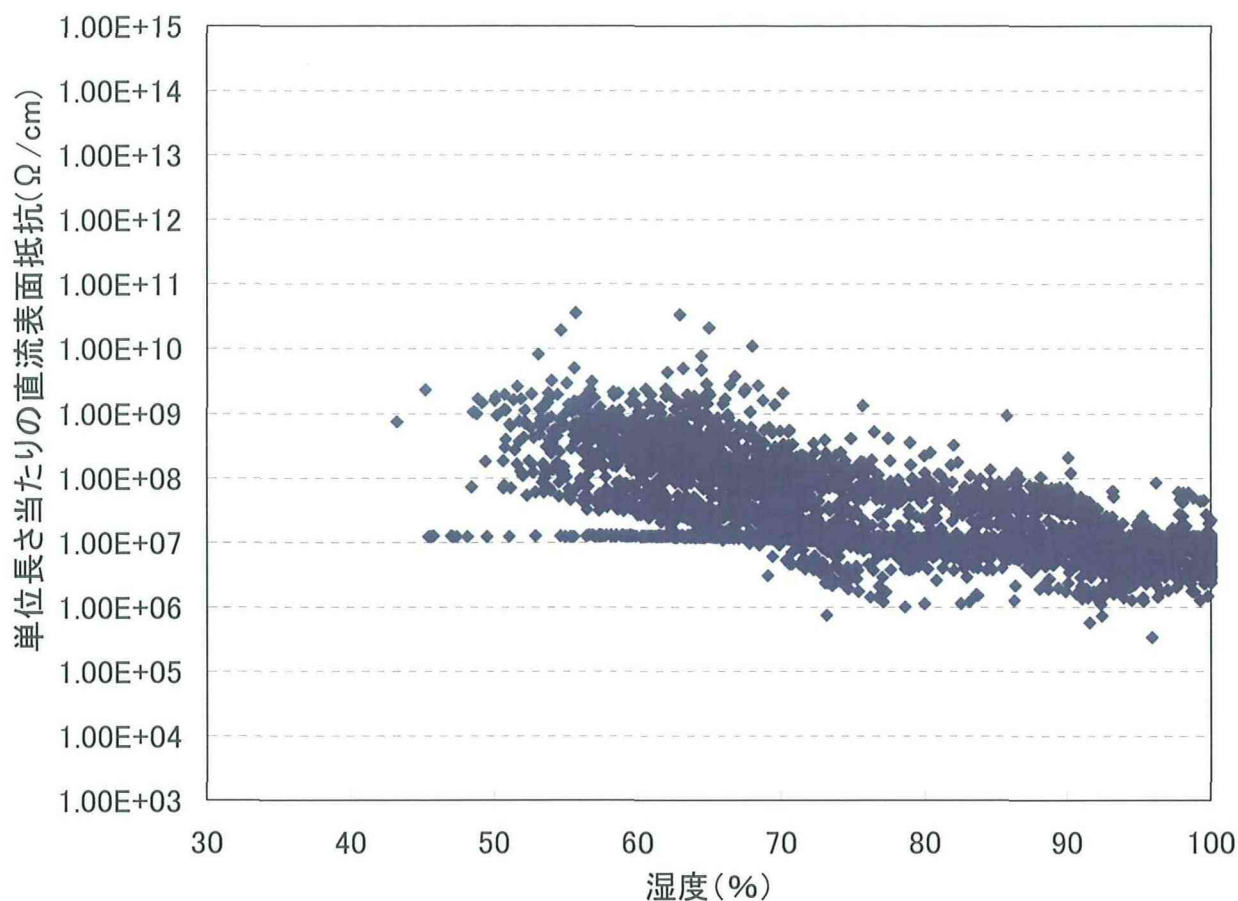


図227 耐塩形高圧耐張がいし東向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

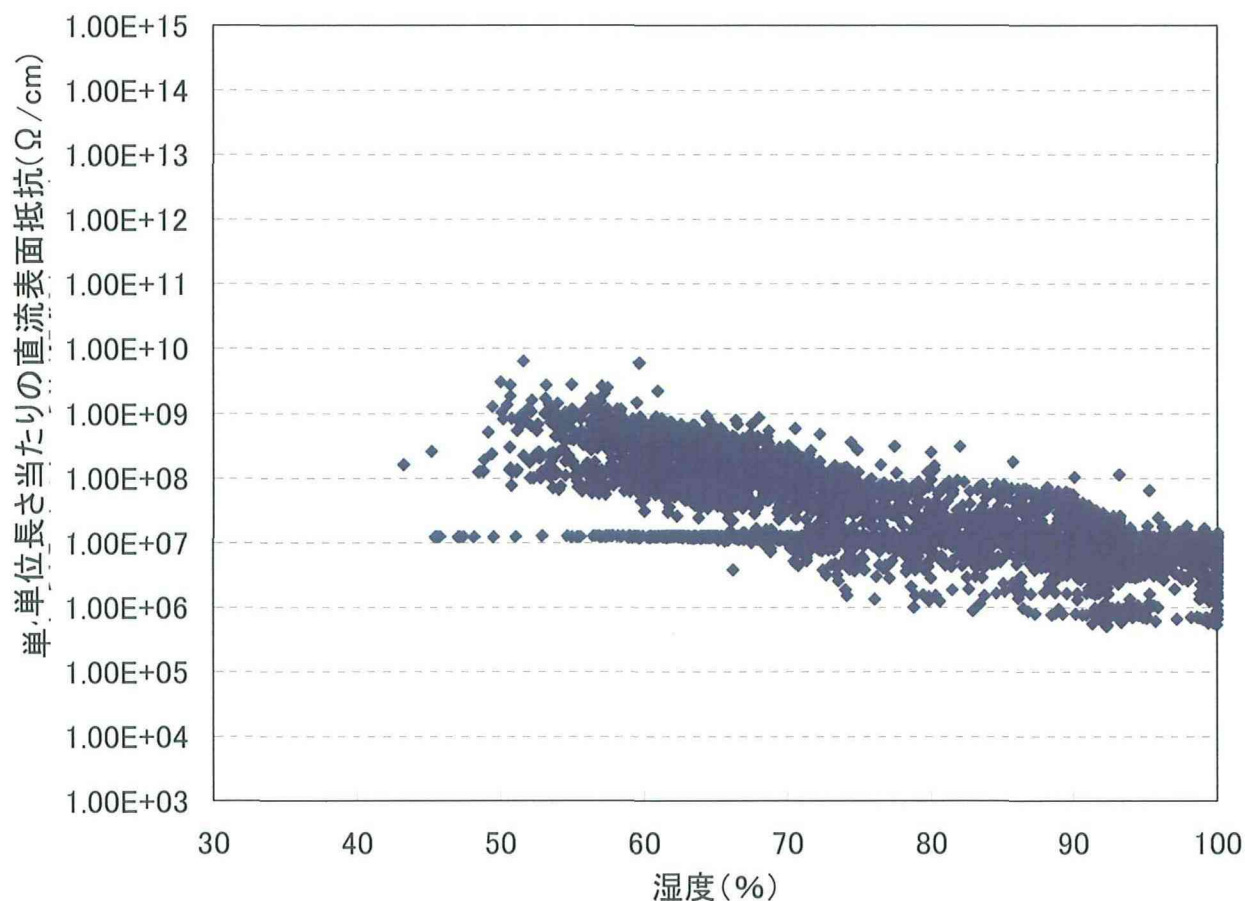


図228 耐塩形高圧耐張がいし西向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

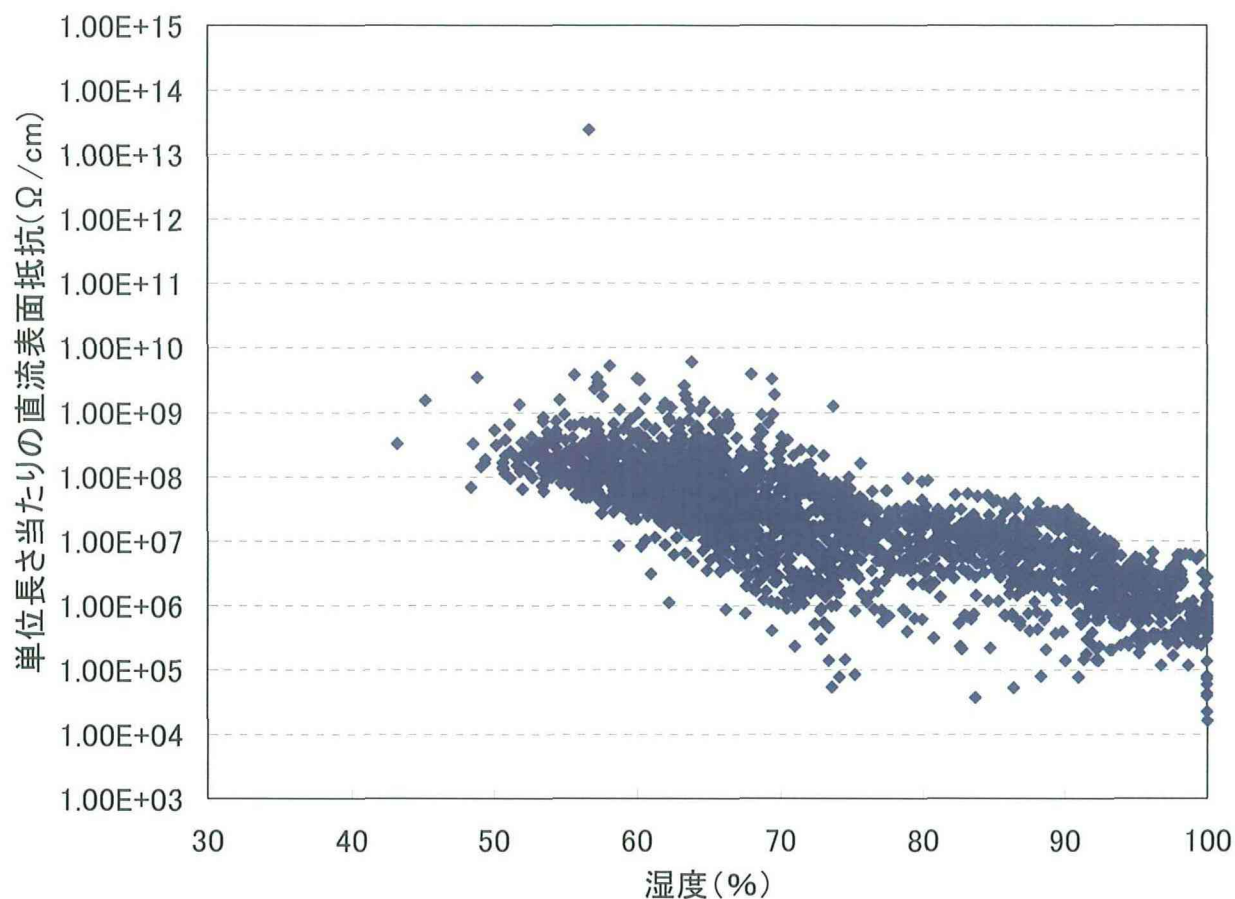


図229 耐塩形高圧耐張がいし北向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

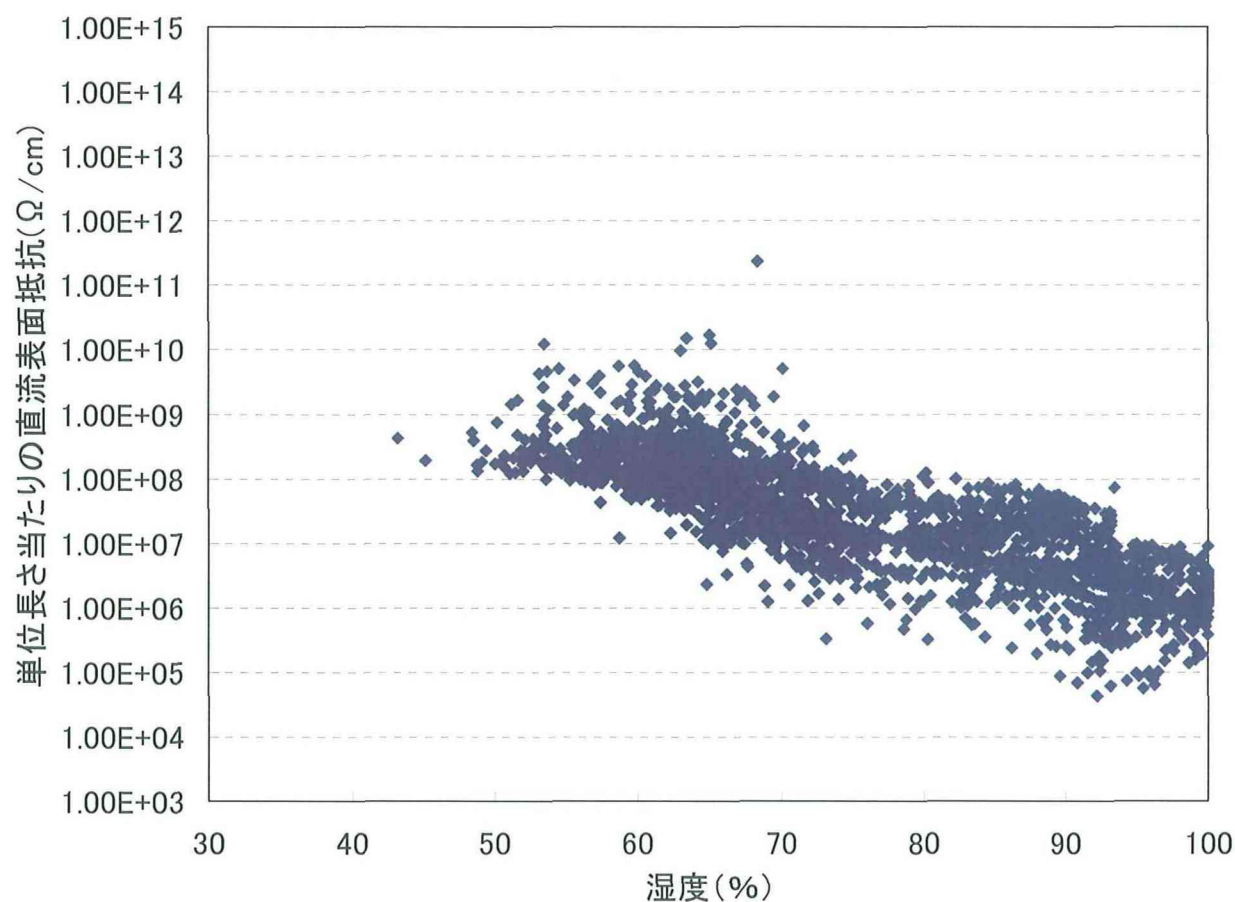


図230 耐塩形高圧耐張がいし南向き(2003年11月)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度の関係

耐張がいしの直流表面抵抗の湿度依存特性

図25～図48より、高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの両がいしは、設置方向と測定時期に関わらず相対湿度75%付近でがいしの直流表面抵抗が大きく低下した。これは、相対湿度75%付近からがいし表面に付着する海塩に含まれる塩化ナトリウム(NaCl)の潮解が始まるためと考えられる⁽¹⁷⁾。

図25～図28より、2002年12月では高圧耐張がいしは東側に向けて設置した場合より西側に向けて設置した場合の方が全体的に直流表面抵抗が低くなる傾向にあることがわかった。耐塩形高圧耐張がいしも東側に向けて設置した場合の方が西側に向けて設置した場合よりも直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。高圧耐張がいしの方が耐塩形高圧耐張がいしより西側に向けた場合の直流表面抵抗の方が全体的に低くなる傾向にあった。

図26～図32より、2003年3月も高圧耐張がいしは東側に向けて設置した場合より西側に向けて設置した場合の方が全体的に直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。2002年12月の時よりも東側に向けて設置した場合と西側に向けて設置した場合の全体的な直流表面抵抗の差は小さかった。耐塩形高圧耐張がいしは東側に向けて設置した場合と西側に向けて設置した場合の直流表面抵抗には大きな差はなかった。

図33～図40より、2003年9月では、高圧耐張がいしは東側、北側、南側に向けて設置した場合の直流表面抵抗に大きな差はなかった。西側に向けて設置した場合の直流表面抵抗は他の方向に向けて設置した場合よりも低くなる傾向にあった。耐塩形高圧耐張がいしは東側に向けて設置した場合より西側に向けて設置した場合の方が直流表面抵抗が低い傾向にあった。北側に向けて設置した場合と南側に向けて設置した場合の直流表面抵抗はほとんど差がなく、かつ他の方向に向けて設置した場合よりも直流表面抵抗が低い傾向にあった。

図41～図48より、2003年11月では、高圧耐張がいしは東側に向けて設置した場合が他の方向に向けて設置した場合より全体的に直流表面抵抗が高い傾向にあることがわかった。北向きに設置した場合と南向きにの直流表面抵抗には大きな差は見られなかった。西向きに設置した場合に他の方向に向けて設置した場合より全体的に直流表面抵抗が低い傾向にあった。耐塩形高圧耐張がいしは東向きに設置した場合と西向きに設置した場合の直流表面抵抗に大きな差はなかった。北向きに設置した場合と南向きに設置した場合にも直流表面抵抗に大きな差はなかったが、北向きと南向きに設置した場合の方が東向きと西向きに設置した場合よりも直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。

また、2002年12月と2003年3月の各がいしの直流表面抵抗を比較すると、高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合は12月と3月の全体的な表面抵抗に大きな差はなかった。西側に向けて設置した場合は12月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。耐塩形高圧耐張がいしは東側に向けて設置した場合に3月の方が直流表面抵抗がわずかに低くなる傾向にあったが、西側に向けて設置した場合は12月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。

2003年9月と2003年11月各がいしの直流表面抵抗を比較すると、高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合は9月と11月の全体的な直流表面抵抗に大きな差はなかった。西側に向けて設置した場合は11月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。北側と南側に向けて設置した場合も11月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。耐塩形高圧耐張がいしは、東西南北どの方向に向けて設置した場合も11月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。

3-1-7 直流表面抵抗と気象の関係

図49～図56は、測定期間中に直流表面抵抗が最も低下した時の前後1日のがいしの直流表面抵抗と相対湿度、羽幌の風向と風速を示す。図49は高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合で、2002年12月18日20時00分に直流表面抵抗が最も低下した。図50は高圧耐張がいしを西側に向けて設置した場合で、2002年12月8日2時16分に直流表面抵抗が最も低下した。図51は耐塩形高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合で、2002年12月26日10時58分に直流表面抵抗が最も低下した。図52は耐塩形高圧耐張がいしを西側に向けて設置した場合で、2002年12月13日5時37分に直流表面抵抗が最も低下した。また、図53は高圧耐張がいしを北側に向けて設置した場合で、2003年11月9日17時1分に直流表面抵抗が最も低下した。図54は高圧耐張がいしを南側に向けて設置した場合で、2003年11月5日13時35分に直流表面抵抗が最も低下した。図55は耐塩形高越耐張がいしを北側に向けて設置した場合で、2003年11月8日6時48分に直流表面抵抗が最も低下した。図56は耐塩形高越耐張がいしを南側に向けて設置した場合で、2003年11月5日12時4分に直流表面抵抗が最も低下した。各図中の中央の点線を引いた時間がそれぞれのがいしの直流表面抵抗が最低となった時刻である。

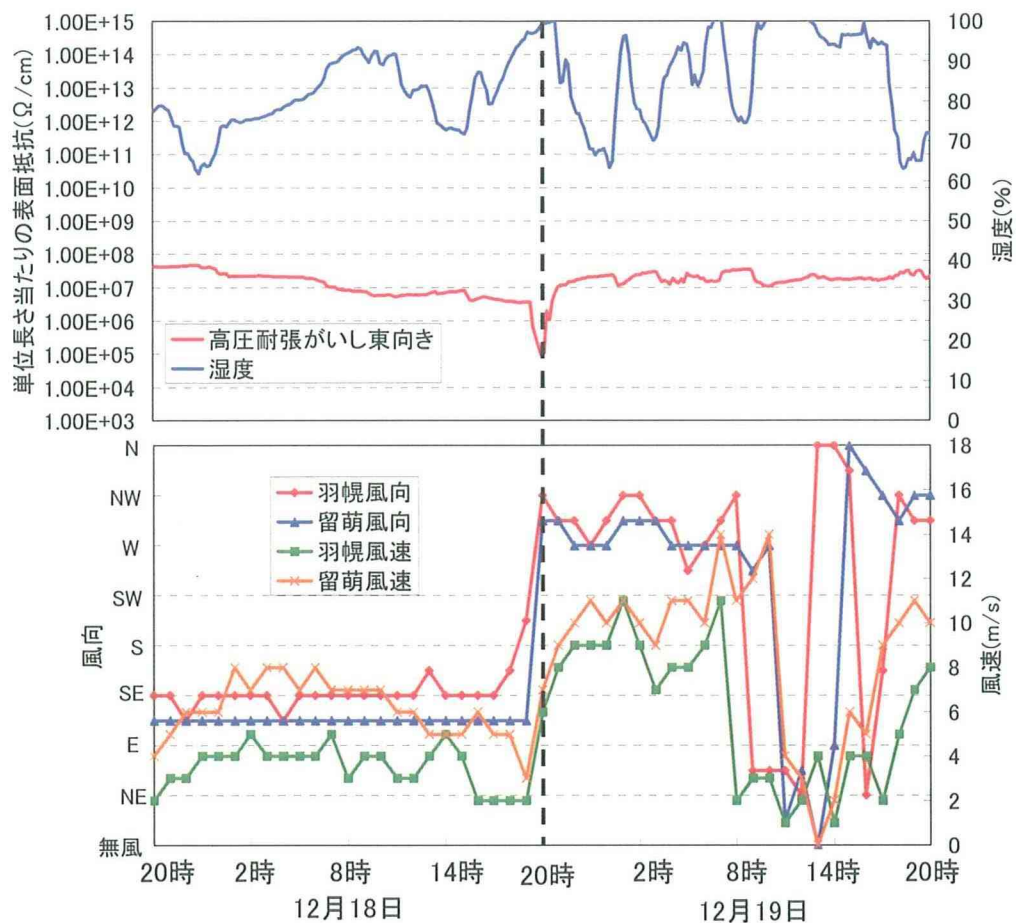


図231 高圧耐張がいし(東向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

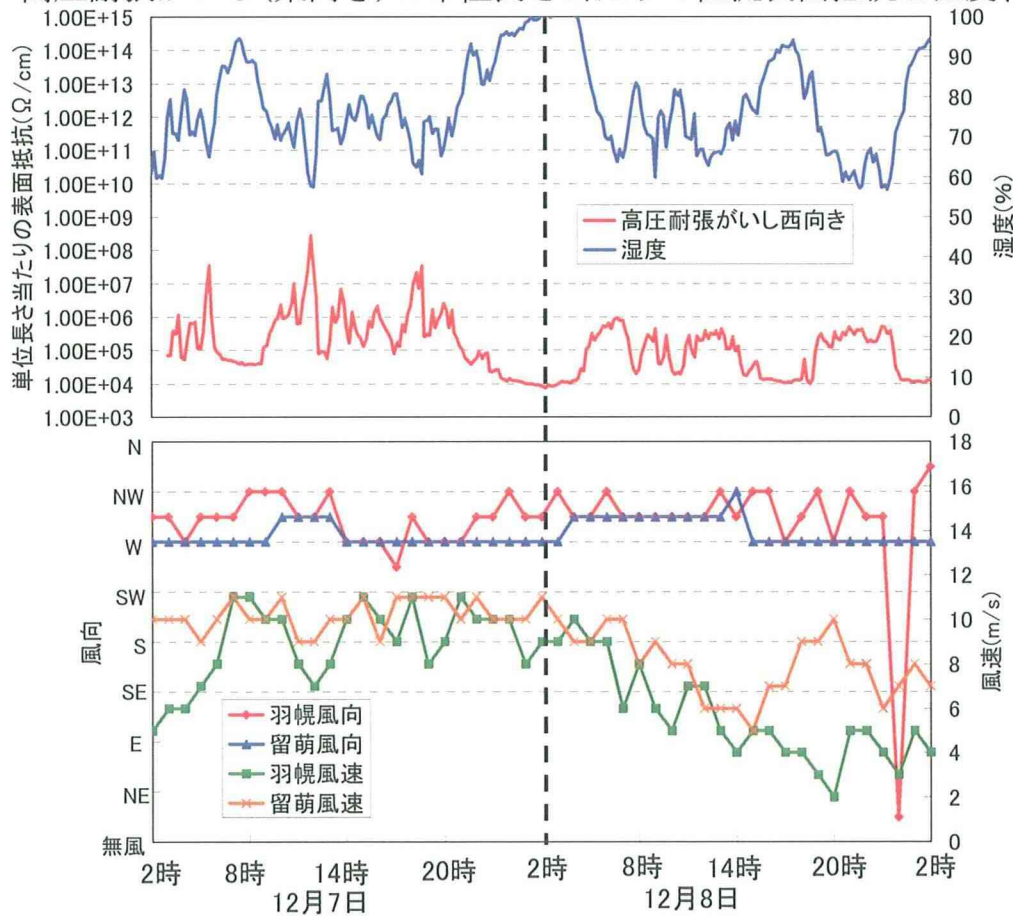


図232 高圧耐張がいし(西向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

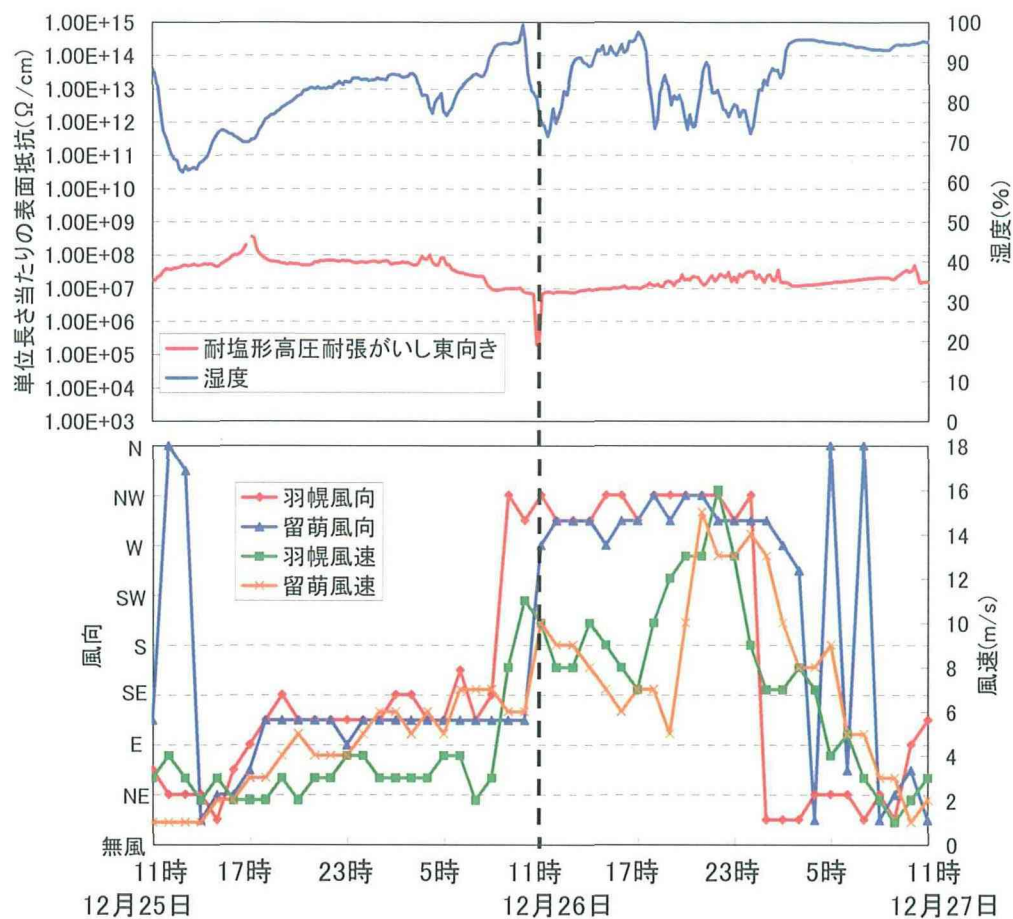


図233 耐塩形高压耐張がいし(東向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

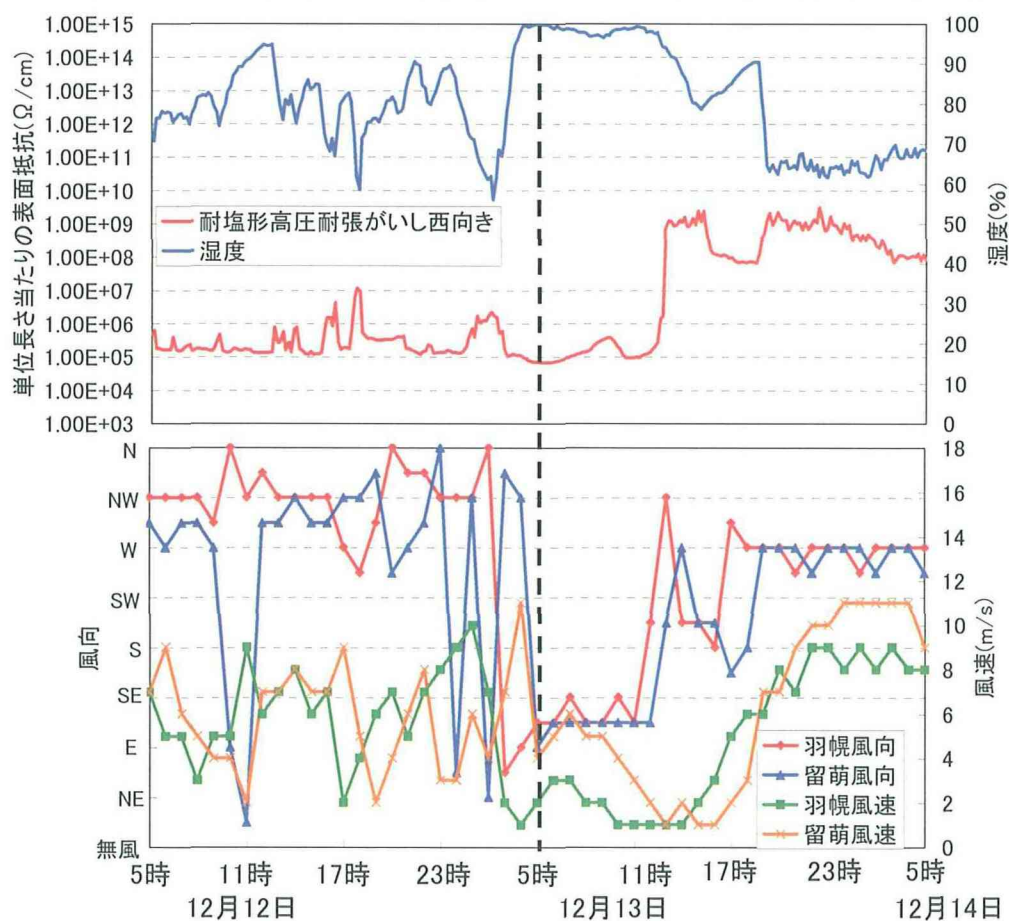


図234 耐塩形高压耐張がいし(西向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

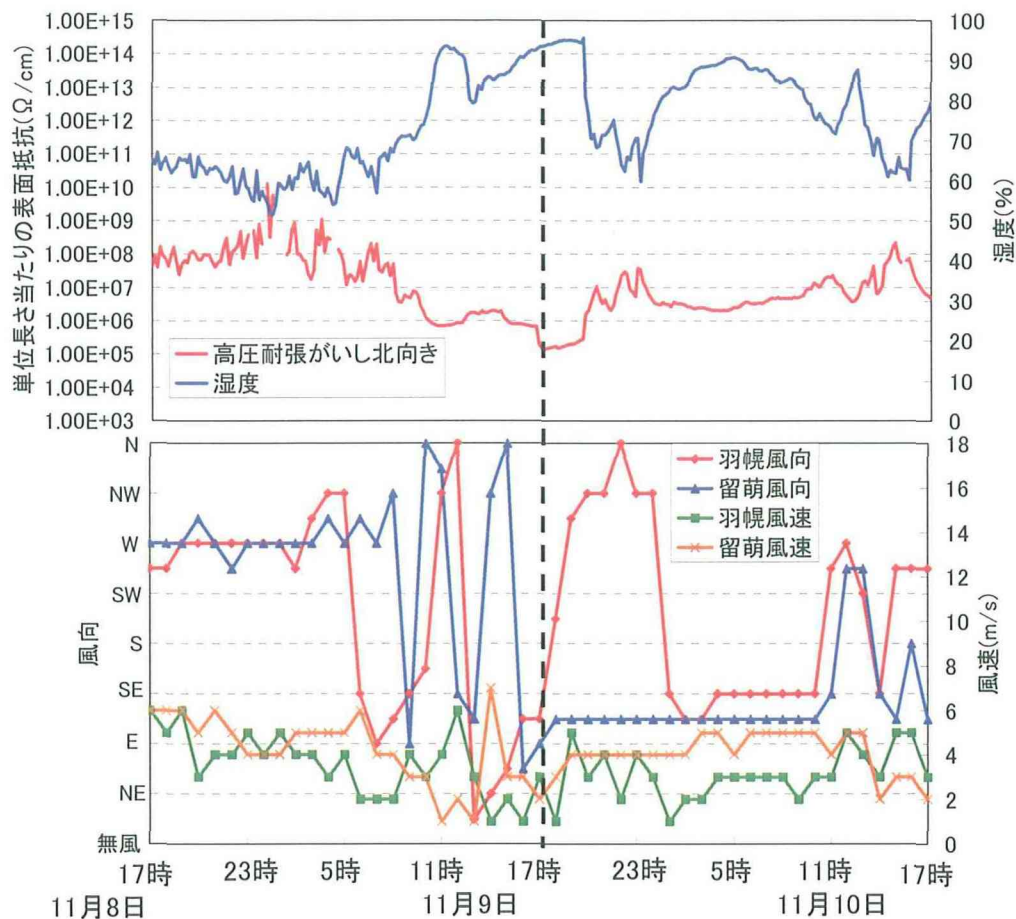


図235 高圧耐張がいし(北向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

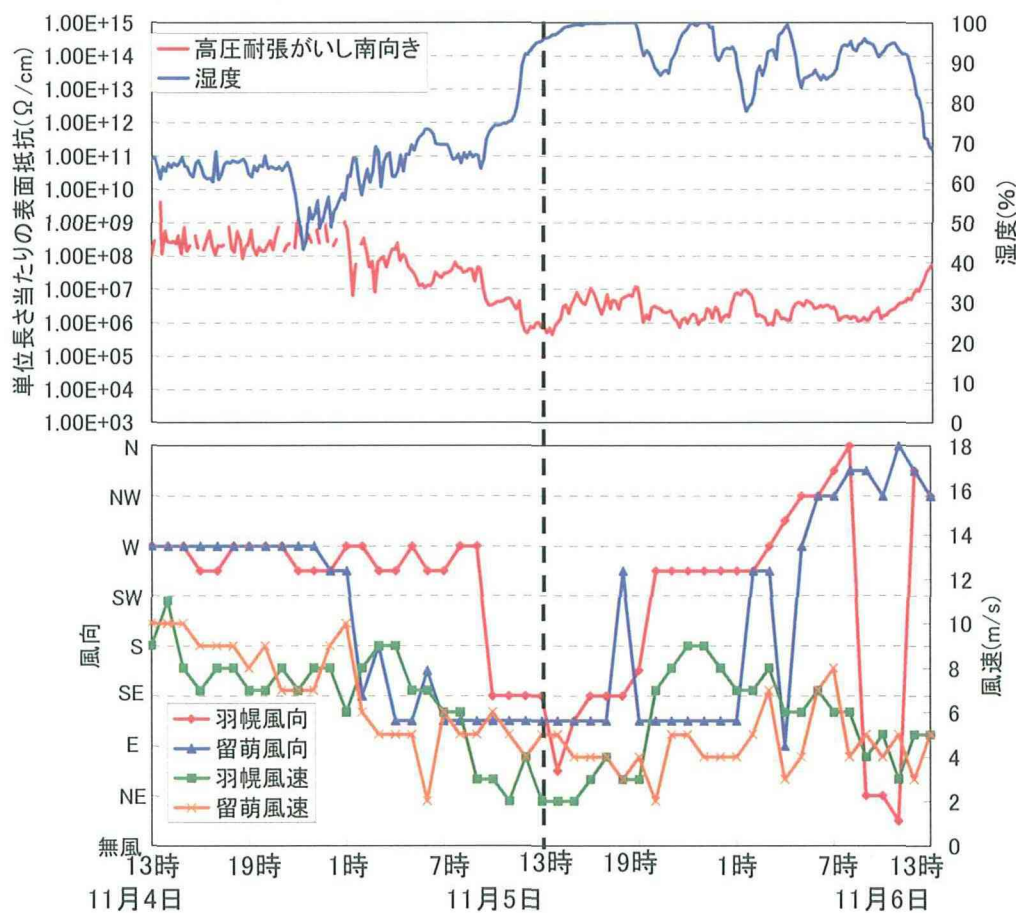


図236 高圧耐張がいし(南向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

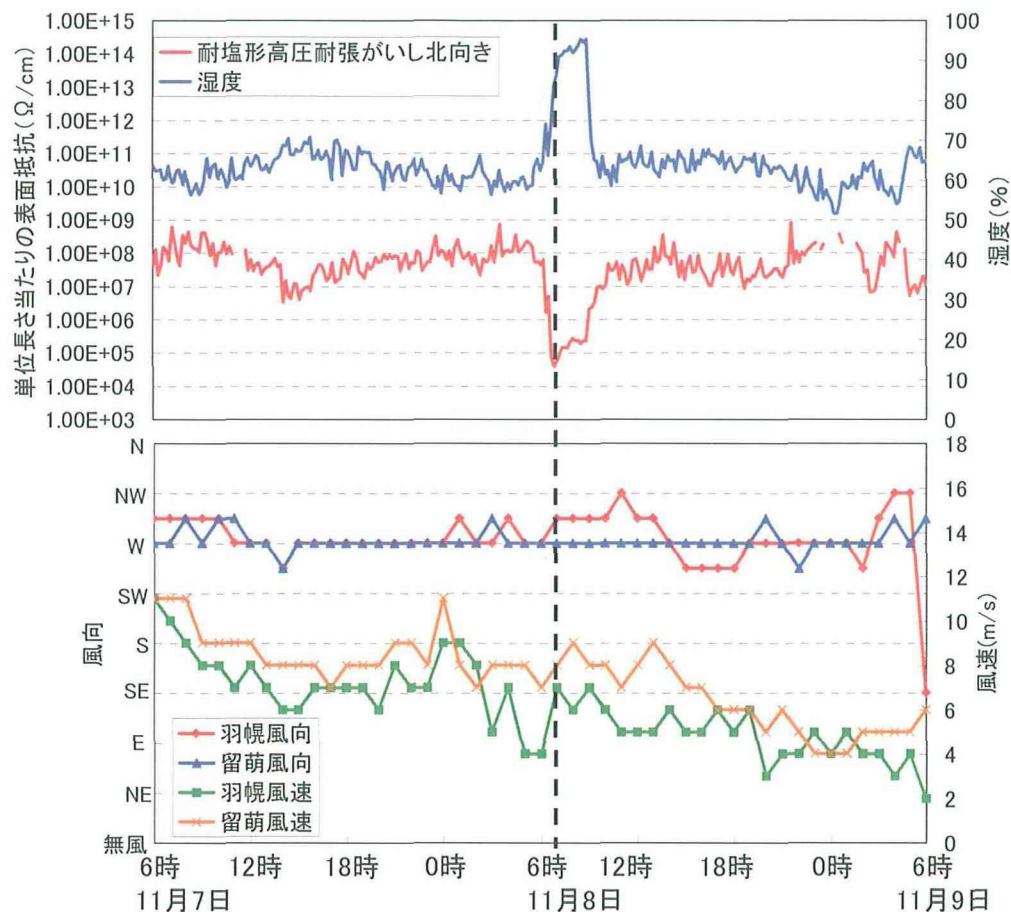


図237 耐塩形高压耐張がいし(北向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

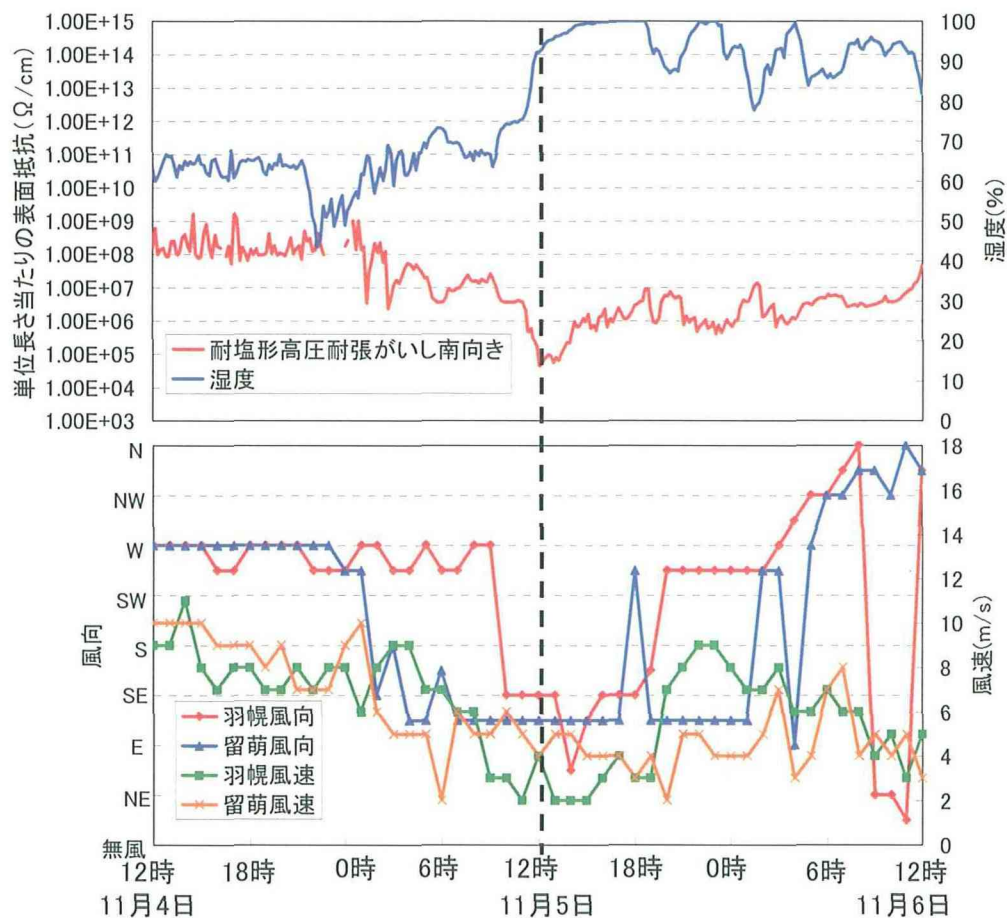


図238 耐塩形高压耐張がいし(南向き)の単位長さ当たりの直流表面抵抗と湿度、風向、風速の関係

直流表面抵抗と気象の関係

図49～図56より、いずれのがいしも相対湿度が高くなった時に、直流表面抵抗が低下する傾向にあることがわかった。直流表面抵抗が最も低くなる時、またはその直前は相対湿度が80%以上の高湿度だった。また、湿度が高くなるのは西～北から風速7 m以上の風が吹いた直後から数時間後までであることが多かった

3-2 まとめ

3-2-1 羽幌と留萌の風向と風速

留萌と羽幌の両地域において、11月と12月は3月や9月と比べて西南西～北西から吹く風の割合が大きかった。西南西～北西から吹く風は、風速8 m以上の強い風が吹く割合が大きかった。これは、日本海沿岸では冬季に海側である西から季節風が吹くからだと考えられる。鬼鹿試験場に近い留萌と羽幌の両地域でこのような傾向にあることから、鬼鹿試験場も留萌、羽幌の両地域と同様の気象状態であると考えられる。

3-2-2 耐張がいしの直流表面抵抗の湿度依存特性

高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの両がいしは、設置方向と測定時期に関わらず相対湿度75%付近でがいしの直流表面抵抗が大きく低下した。これは、相対湿度75%付近からがいし表面に付着する海塩に含まれる塩化ナトリウム(NaCl)の潮解が始まるためと考えられる。

高圧耐張がいしは笠ひだを東側に向けて設置した場合が最も直流表面抵抗が低下しづらく、西側に向けて設置した場合が最も直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。これは笠ひだを東側に向けた場合は海塩を含むと考えられる西側からの風が笠ひだの内側に入り込みづらく、汚損されにくいからだと考えられる。西側に向けた場合は海塩を含むと考えられる西側からの風が笠ひだの内側まで入り込み、汚損されやすいと考えられる。北側に向けた場合と南側に向けた場合の直流表面抵抗は西側からの風が吹く割合が小さい9月においては東側に向けた場合の直流表面抵抗と大差ないが、海からの季節風が吹く11月には東側に向けた場合より直流表面抵抗が低くなる傾向にある。北側と南側に向けた場合は東側に向けた場合より笠ひだの内側まで汚損されやすく、西側に向けた場合より汚損されにくいと考えられる。

耐塩形高圧耐張がいしも西側に向けて設置した方が東側に向けて設置した場合よりも直流表面抵抗が低くなる傾向にあるが、高圧耐張がいしと比べて東側に向けて設置した場合と西側に向けて設置した場合の全体的な直流表面抵抗の差は小さかった。これは、耐塩形高圧耐張がいしは西側に向けて設置した場合もがいしに付いている耐塩バリアーによって高圧耐張がいしより笠ひだの内側に風が入りづらくなっているからだと考えられる。また、耐塩形高圧耐張がいしは北側と南側に向けて設置した方が直流表面抵抗が低くなる傾向にある。これは、3章の気流解析シミュレーション結果より耐塩形高圧耐張がいしは設置方向と垂直方向から吹く風は高圧耐張がいしより笠ひだの内側に入り込みやすいからだと考えられる。

2002年12月と2003年3月の各がいしの直流表面抵抗を比較すると、西側に向けて設置した場合は12月の方が高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの両方において直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。これは、12月には季節風の影響により海側である西から海塩を含む強い風が吹くため、がいしが汚損されやすいからだと考えられる。高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合は12月と3月の直流表面抵抗は全体的にほとんど差はない。これは、東側に向けて設置した高圧耐張がいしは西側からの笠ひだの内側に入りづらいので季節風の影響を受けづらいからだと考えられる。耐塩形高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合は3月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあったが、耐塩形高圧耐張がいしの耐塩バリアーは雨や雪もひだの内側に入り込みにくくするので、高圧耐張がいしとは違い、汚損が洗い流されずに累積するためと考えられる。

2003年9月と2003年11月各がいしの直流表面抵抗を比較すると、高圧耐張がいしを東側に向けて設置した場合は9月と11月の全体的な直流表面抵抗に大きな差はなかった。これは、12月と3月を比較した場合と同様に東側に向けて設置した高圧耐張がいしの直流表面抵抗は季節風の影響を受けづらいためと考えられる。北側と南側と西側に向けて設置した場合は11月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。西側に向けて設置した場合だけでなく北側と南側に向けて設置した場合にも季節風の影響によって直流表面抵抗が低下すると考えられる。

耐塩形高圧耐張がいしは、東西南北どの方向に向けて設置した場合も11月の方が直流表面抵抗が低くなる傾向にあった。これは、北側と南側と西側に向けて設置した場合は季節風の影響によって直流表面抵抗が低下し、季節風の影響を受けづらいと思われる東側に向けて設置した場合も汚損の累積により直流表面抵抗が低下すると考えられる。

3-2-3 直流表面抵抗と気象の関係

高圧耐張がいしと耐塩形高圧耐張がいしの両がいしとも設置方向にかかわらず相対湿度が高くなった時に、直流表面抵抗が低下する傾向にあることがわかった。直流表面抵抗が最も低くなる時、またはその直前は相対湿度が80%以上の高湿度だった。また、湿度が高くなるのは西～北から風速7 m以上の風が吹いた直後から数時間後までであることが多かった。以上の事から、沿岸部での湿度は風向と風速に依存し、いずれの耐張がいしも海から強い風が吹く時に直流表面抵抗が大きく低下することが確認できた。

3－3 参考文献

- (12) 電気学会通信教育会：「送配電工学」、株式会社オーム社、p66 （1980）
- (13) 電気学会：「がいし」、株式会社オーム社、p. 162 （1983）
- (14) 渡部 孝政、菅原 宣義、他：「直流表面抵抗による配電用磁器がいしの汚損度推定法
（2）－フィールドにおける耐張がいしの表面抵抗特性－」、放電研究会資料
、ED-03-101
- (15) 渡部 孝政、菅原 宣義、他：「直流表面抵抗による6 kV配電用磁器がいしの汚損度推
定法(1)」、電気関係学会北海道支部連合大会、No. 49、pp. 69-70 （2002）
- (16) 渡部 孝政、菅原 宣義、他：「直流表面抵抗による配電用磁器がいしの汚損度推定法(3)
－設置方向による耐張がいしの表面抵抗特性－」、電気関係学会北海道支部連合
大会、No. 71、pp. 88-89 （2003）
- (17) 河村 達雄 他：「がいし汚損面の吸湿密度、漏れ電流およびフラッシュオーバー電圧の湿
度依存性」、電気学会論文誌、pp. 426-433 （1973）

4. 今後の研究

今回のがいし曝露試験場の構築は、種々の送電用および配電用がいしの自然環境の塩雪害環境下での実験を行う良い機会を与えて頂いた。この好機を継続する予定です。曝露試験場の土地を借りている小平町役場とは今後も試験を継続できるように土地の使用の許可を得ている。

今後は、現在の曝露試験を継続して、種々の気象条件でのデータを収集すると共に、実験室での人工的塩雪害環境をつくる時の標準的実験条件を検討する。また、曝露試験結果を実験室で再現して、各種がいしの絶縁低下の主要因の調査・検討を予定している。

5. 研究成果発表のコピー