

湿度センサ  
アプリケーションノート

-CONTENTS-

1. 概要.....	3
2. 湿度に関する基礎的な知識.....	3
2.1. 湿度について.....	3
2.2. 相対湿度.....	3
2.3. 絶対湿度.....	3
2.4. 飽和水蒸気圧.....	3
3. 設計指針.....	4
3.1. 製品内容.....	4
3.2. パッケージ製品設計.....	4
3.3. モジュール製品設計.....	5
4. 湿度測定.....	5
4.1. 測定環境の通気.....	5
4.2. 測定環境の温度影響.....	5
5. 再水化とオフセット変化.....	6
5.1. 湿度センサ構造・原理.....	6
5.2. 湿度センサの吸湿.....	6
5.3. 再水化.....	6
5.4. オフセット変化.....	7
6. コンタミネーション.....	7
7. 耐薬品.....	7
8. 結露環境.....	7
9. アナログ製品出力.....	8
9.1. レシオメトリック.....	8
9.2. 出力インピーダンス.....	8
10. サーミスタ使用方法.....	8
10.1. サーミスタ構成.....	8
10.2. サーミスタ温度算出.....	8
11. 免責.....	9

## 1. 概要

湿度は環境における代表的なパラメータの一つである。基礎的な知識と計算式の紹介と、設計方法、使用に関する注意点について記載する。本ドキュメントは湿度センサ HSHC シリーズに適用されるものである。

## 2. 湿度に関する基礎的な知識

### 2.1. 湿度について

湿度の種類には、相対湿度と絶対湿度(容積絶対湿度、容積絶対湿度)がある。日常生活において湿度という場合は、主に相対湿度を示す。弊社湿度センサは相対湿度センサである。

### 2.2. 相対湿度

相対湿度とは、飽和水蒸気圧に対する水蒸気圧(環境の水蒸気圧)の比で定義されている。大気を含むことができる最大の水蒸気圧の時 100%RH となり、水分を含まない時 0%RH となる。

$$RH [\% RH] = \frac{P}{P_{\max}} \times 100$$

ここで、RH は相対湿度を示し、P [Pa]は水蒸気圧、 $P_{\max}$  [Pa] は飽和水蒸気圧を示す。

### 2.3. 絶対湿度

#### 2.3.1 容積絶対湿度

容積絶対湿度とは、大気の単位容積に含まれる水蒸気の量を重量で示したものである。容積絶対湿度は、相対湿度と温度より算出される。

$$VH [g / m^3] = \frac{M_w}{V_a}$$

ここで、VH は容積絶対湿度を示し、 $V_a$  [m<sup>3</sup>]は容積、 $M_w$  [g] は水蒸気の重量を示す。

#### 2.3.2 重量絶対湿度

重量絶対湿度とは、乾燥空気の重量[kg]に対して湿潤空気中に含まれる水蒸気の重量が[kg]であるとき、

その比を示したものである。重量絶対湿度は、相対湿度と温度 及び 大気圧より算出される。

$$SH [kg / kg (DA)] = \frac{M_w}{M_{DA}}$$

ここで、SH は重量絶対湿度を示し、 $M_{DA}$  [kg]は乾燥空気の重量、 $M_w$  [g] は水蒸気の重量を示す。

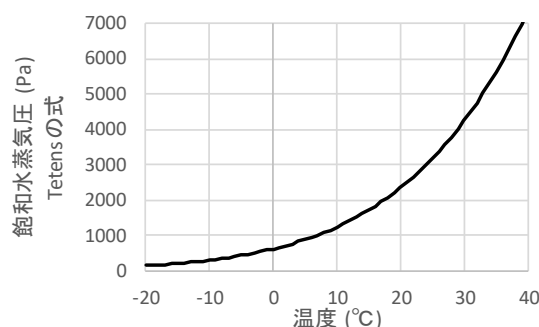
### 2.4. 飽和水蒸気圧

飽和水蒸気圧とは、大気中に存在することができる最大の水蒸気圧(水蒸気の数)である。従って 大気中には飽和水蒸気圧以下の水蒸気は存在することができる。飽和水蒸気圧は温度で変化し、温度が高いほど飽和水蒸気圧が大きく、温度が低いほど飽和水蒸気圧が小さくなる。

飽和水蒸気圧の算出には、Tetens の式、Wagner の式、Sonntag の式 など多数ある。一例として、簡易化されている Tetens の式を下記に示す。

$$P_{\max} [Pa] = 611 \times 10^{\frac{7.5 \times t}{t + 237.3}}$$

ここで、 $P_{\max}$  [Pa] は飽和水蒸気圧、t [°C] は温度(環境温度)を示す。



上図にて、0°C以下でも飽和水蒸気圧はゼロにはならない。よって 0°C以下でも空気中に水蒸気は存在することができ、湿度も存在する。

## 3. 製品内容

### 3.1. 製品タイプ

弊社湿度センサは、アナログ出力タイプ・デジタル出力タイプ、及び、パッケージ製品・モジュール製品がある。

	出力	形態	温度
アナログパッケージ	電圧	パッケージ	なし
アナログモジュール	電圧	モジュール	○(*1)
デジタルパッケージ	I2C	パッケージ	○
デジタルモジュール	I2C	モジュール	○

(\*1)アナログモジュール製品はサーミスタを搭載しており、使用はサーミスタ抵抗より温度換算する。

### 3.2. パッケージ製品設計

#### 3.2.1 通気部形状

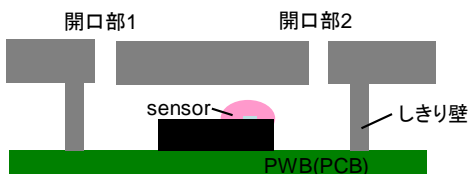
湿度センサ近傍の検出環境は外部環境と出来るだけ近い環境となることが重要である。

推奨デザイン:

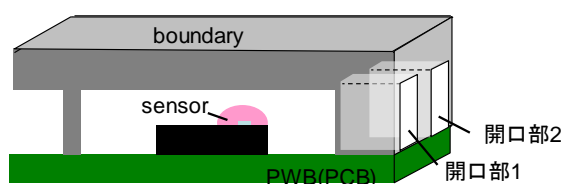
- 開口部は大きく複数形成する。
- 湿度センサの感湿口は 開口部の直下に設けない。
- センサ周りの空間と、熱源のある空間を区切る。

広い感湿口を開くことは、外部空気を取り入れるために有効である。また、複数の感湿口を設けることは、センサ周辺の空気を循環させるためにもより好ましい。

#### Type1



#### Type2



#### 3.2.2 発熱体からの隔離

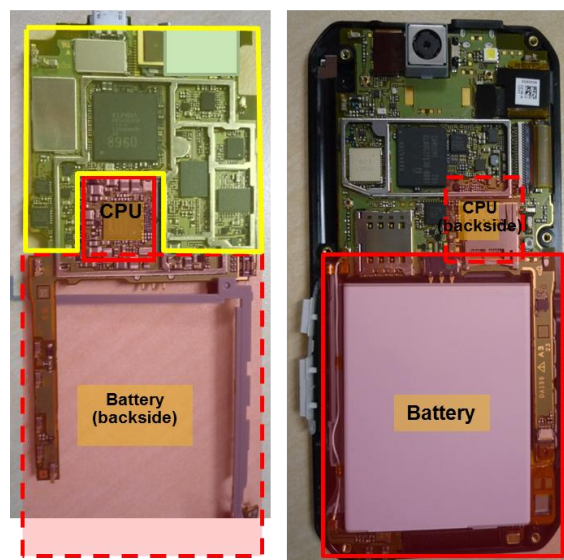
発熱源による温度上昇を避けることが重要である。温度上昇があると、相対湿度は低下する。

推奨デザイン:

- できる限りセンサを発熱源から離すこと。
- 距離は5mm以上離すこと。

表面

裏面

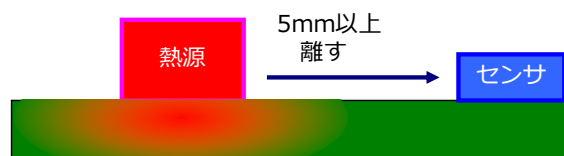


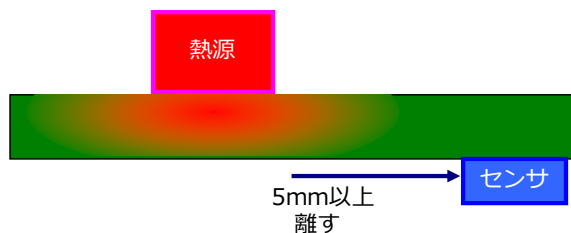
■ 推奨配置エリア

■ 熱源及び、配置が望ましくないエリア

熱源からの推奨距離

熱源	推奨距離
CPU	5mm以上
Battery	5mm以上
Power IC	5mm以上





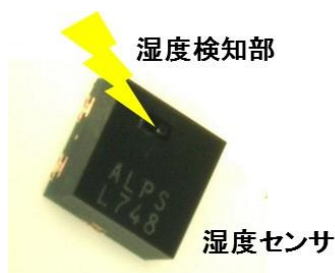
### 3.2.3 コンタミネーションの注意

弊社湿度センサは静電容量検知方式である。湿度検知部にコンタミネーションが付着すると静電容量が変わり、特性が変化する場合がある。特に、人の皮膚のような有機物コンタミネーションの場合に発生しやすい。湿度センサ検知部には 直接触れることのないよう注意が必要である。

湿度センサの保護には、保護ケースや 多孔性フィルムが推奨される。

### 3.2.4 ESD(ElectroStaticDischarge)の注意

湿度センサ端子(PAD)部は 2kV@HBM 以上の耐性がある。しかし 湿度検知部は静電容量素子が露出しているため、400V@HBM 以上の ESD 電圧が印加されると、静電容量素子が破壊され、出力異常になる場合がある。湿度センサ検知部には 直接触れることのないよう注意が必要である。

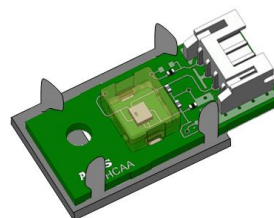


## 3.3. モジュール製品設計

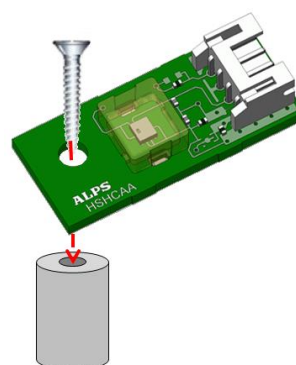
### 3.3.1 取り付け

モジュール製品には、取り付け穴があるタイプと、ないタイプがある。取り付け方法として、いずれのタイプも 側面から固定する方法が挙げられる。また取り付け穴があるタイプはネジ止めが可能である。

### 方法1：側面固定



### 方法2：ネジ固定



## 4. 湿度測定

### 4.1. 測定環境の通気

湿度センサでは、通気により応答時間が変化する。通気が悪いと追従が遅くなり、空気の循環が速いと追従が早くなる。一般的には、十分な通気口を設けてあれば良く、強制的に空気を循環させる必要はない。一方で、あまりに空気の循環が速いとコンタミネーション付着の確率が高くなる。

### 4.2. 測定環境の温度影響

相対湿度は温度で変化する物理量であり、外部環境(測定対象)とセンサで温度差が生じた場合は、センサ温度に応じた相対湿度を出力する。例えば、センサ近傍に熱源がある場合は、センサの温度が上昇し、外部環境よりも 低い相対湿度となる。

外部環境温度が 25°Cの時、センサ温度が変化した場合の相対湿度を下記に示す。

相対湿度 [%RH] = 水蒸気圧 / 飽和水蒸気圧 × 100

センサ環境		温度	20°C	22°C	24°C	25°C	26°C	28°C	30°C	30°C
外部環境	飽和水蒸気圧		2339 Pa	2645 Pa	2986 Pa	3170 Pa	3364 Pa	3783 Pa	4247 Pa	4247 Pa
	水蒸気圧									
25°C10%	317 Pa		13.6	12.0	10.6	10	9.4	8.4	7.5	7.5
25°C20%	634 Pa		27.1	24.0	21.2	20	18.8	16.8	14.9	14.9
25°C30%	951 Pa		40.7	35.9	31.9	30	28.3	25.1	22.4	22.4
25°C40%	1268 Pa		54.2	47.9	42.5	40	37.7	33.5	29.9	29.9
25°C50%	1585 Pa		67.8	59.9	53.1	50	47.1	41.9	37.3	37.3
25°C60%	1902 Pa		81.3	71.9	63.7	60	56.5	50.3	44.8	44.8
25°C70%	2219 Pa		94.9	83.9	74.3	70	66.0	58.7	52.2	52.2
25°C80%	2536 Pa		100.0	95.9	84.9	80	75.4	67.0	59.7	59.7
25°C90%	2853 Pa		100.0	100.0	95.6	90	84.8	75.4	67.2	67.2

例えば 外部環境が 25°C50%RH の時、熱源によりセンサ温度が 1°C上昇すると、センサ部の温湿度は 26°C47.1%RH となり、相対湿度は約 3%RH 低くなる。

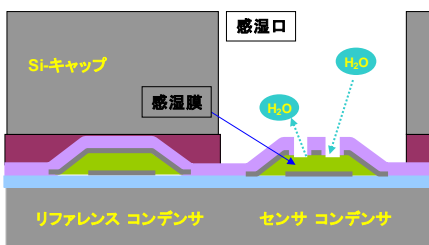
対応としては 発熱源とセンサの距離を離し、発熱の影響を受けないようにする望ましい。但し、どうしても発熱源の影響を避け得ない場合は、発熱による温度上昇を事前に検証しておき、使用者が温度上昇分を数値補正する方法が挙げられる。

## 5. 再水化とオフセット変化

### 5.1. 湿度センサ構造・原理

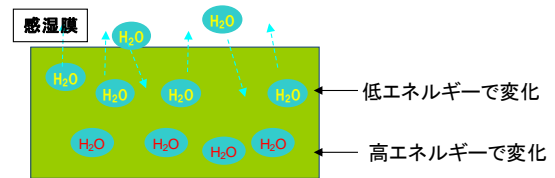
弊社湿度センサは静電容量式であり、感湿膜の水分吸収量が相対湿度に比例する特性を利用している。水分吸収量は静電容量と比例するため、静電容量-電圧変換回路により、電圧へ変換する。その結果、相対湿度を電圧として出力する。

#### センサ構造



### 5.2. 湿度センサの吸湿

湿度センサの出力は水分吸収量により変化しますが、水分吸収には 2つの状態があると考えられる。



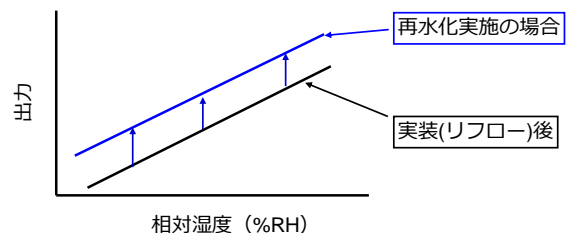
1 つは、低い温度でも相対湿度に応じて感湿膜内部を出入りする状態であり、低エネルギーで変化するものである。こちらは概念的に、感湿膜の表面に近い部分の H<sub>2</sub>O 分子の挙動と考えられる。

もう1つは、高温環境でのみ 感湿膜内部を出入りする状態であり、高エネルギーで変化するものである。こちらは概念的に、感湿膜の厚み方向の深い部分の H<sub>2</sub>O 分子の挙動と考えられる。

低エネルギーで出入りする H<sub>2</sub>O が相対湿度を出力する要素であり、高エネルギーで出入りする H<sub>2</sub>O が後述の再水化・オフセット変化の要素と考えている。

### 5.3. 再水化

パッケージ製品については、使用者が再水化なし・再水化ありを選択し対応する。



再水化なし：パッケージ製品は使用のために使用者が必ず実装(リフロー)を実施する。実装(リフロー)では 高温環境にさらされるため、H<sub>2</sub>O 分子が外部に放出された状態となる。この状態での使用は、再水化なしの換算式を使用する(詳細はデータシート参照)。

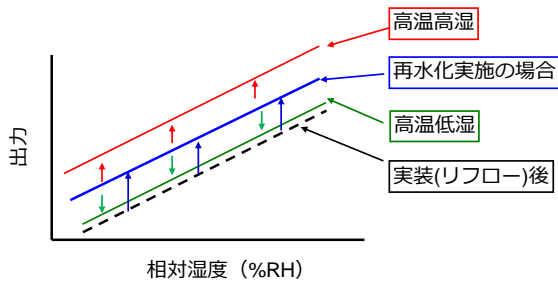
再水化あり：高温高湿度環境に長期間使用の場合、再水化処理を推奨している。再水化とは、実装後の湿度センサに適量の水分を吸収させる工程であり、この状態での使用は、再水化ありの換算式を仕様する(詳細はデータシート参照)。再水化の推奨条件は 85°C85%RH 6Hrs である。

モジュール製品については、再水化実施製品となる。弊社で再水化を実施の後、出荷をする。

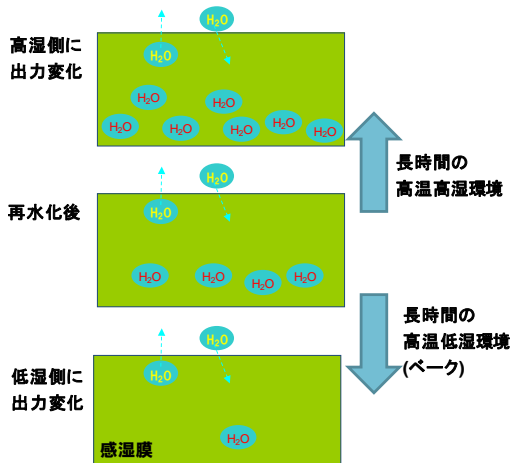


#### 5.4. オフセット変化

静電容量方式の湿度センサは 高温環境下で湿膜の水分吸収 / 水分放出現象が起きるため、オフセット変化が生じる。



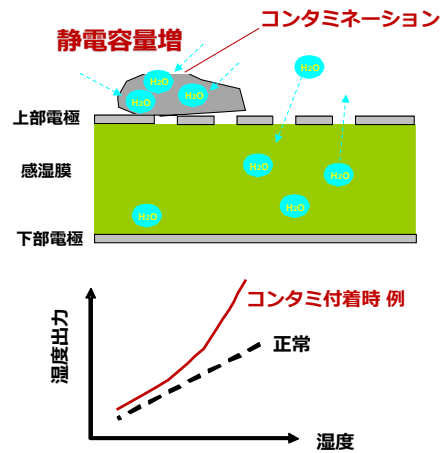
再水化後からの変化を想定すると、高温高湿状態が続くと出力はプラスにシフトし、高温低湿状態が続くと出力はマイナスにシフトする。



この現象は、高温高湿環境が続くと、 $H_2O$  が感湿膜内部に多量入り保持されるため高湿側に出力変化するものである。逆に、高温低湿環境が続くと、感湿膜内部に保持されている  $H_2O$  が放出され低湿側に出力変化する。

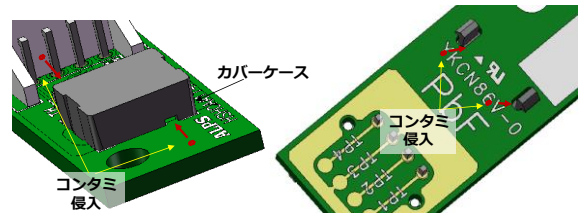
#### 6. コンタミネーション

湿度検知部(感湿膜近傍)にコンタミネーションが付着すると静電容量が増加し、出力増となる場合がある。特に、有機物コンタミネーションの場合、周囲の水分を吸収するため影響が大きく、特性変化が大きくなる。有機物コンタミネーション付着の場合、高湿度ほど 出力を高く示す挙動となる。



対策として、パッケージ製品については、3.2.3 記載のように、ケースや多孔性フィルムを推奨する。

モジュール製品については、カバーケースで保護しているものの、通気口が 表面 2 箇所、裏面 2 箇所あり、コンタミネーションが進入する可能性がある。周囲に塵・埃等が多い場合は、フィルターにより保護することを推奨する。



#### 7. 耐薬品

揮発性の高い有機溶剤、アルコール等にさらされないよう注意のこと。トルエン、キシレン、ホルマリン、アセトン、メタノール及びエタノールなどの有機溶剤に長時間暴露すると、出力増(変動)の原因となる。

#### 8. 結露環境

弊社湿度センサは 動作範囲 0~100%RH(一部を除く) であり、100%RH まで表示するが、結露は未対応である。また防水性はない。結露により腐食物質等の付着があると、いずれ故障に至る可能性がある。結露は避けるよう使用のこと。

## 9. アナログ製品出力

### 9.1. レシオメトリック

アナログ製品にて、レシオメトリック仕様(データシート記載)のものは、電源電圧に比例した出力電圧となる。これは A/D の Reference voltage に電源電圧を反映させ、電源電圧変動をキャンセルすることを想定している。出力電圧は下記となる。

$$Vo' [mV] = \frac{VDD}{VDD_{typ}} \times Vo$$

ここで、VDD は電源電圧、VDD<sub>typ</sub> はデータシートの電源電圧 TYP、Vo は VDD<sub>typ</sub> 印加時の出力電圧、Vo' は VDD 印加時の出力電圧を示す。

一例として、下記計算となる。

$$Vo' [mV] = \frac{3.3V}{3.0V} \times 1500 mV = 1650 mV$$

一方、レギュレータ仕様(データシートにレシオメトリックの記載のないもの)は、レギュレータにて電圧がレギュレーションされるため、電源電圧の依存性はない。電源電圧が変わっても、規定の出力電圧を示す。

### 9.2. 出力インピーダンス

アナログ製品の出力電圧は Pull-down 抵抗により、電圧降下する場合がある。Pull-down 抵抗は未接続が望ましいが、接続が必要な場合は 10MΩ 以上を推奨する。出力電圧は下記となる。

$$Vo' [mV] = \frac{Rp}{Rp + Rout} \times Vo$$

ここで、Rout は出力抵抗、Rp は Pull-down 抵抗、Vo は Rp なし(Open)時の出力電圧、Vo' は Rp 接続時の出力電圧を示す。

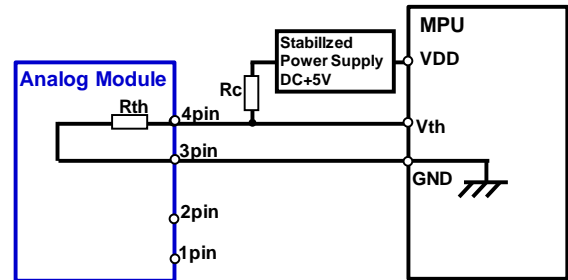
一例として、下記計算となる。

$$Vo' = \frac{10M\Omega}{10M\Omega + 28k\Omega} \times 1500 = 1496 mV$$

## 10. サーミスタ使用方法

### 10.1. サーミスタ構成

アナログ湿度モジュールは温度測定のため、サーミスタを搭載している。サーミスタより温度検知するための簡易回路例を示す。



### 10.2. サーミスタ温度算出

サーミスタ抵抗より温度を算出するための計算式を示す。

サーミスタ抵抗 Rth [Ω]

$$Rth [\Omega] = \frac{Vth \times Rc}{VDD - Vth}$$

サーミスタ温度 T [°C]

$$T = \frac{1}{\left( \frac{\ln\left(\frac{Rth}{R25}\right)}{B} + \frac{1}{(25 + 273.15)} \right)} - 273.15$$

ここで、Vth はサーミスタ電圧、Rc は外付け抵抗、R25 は 25°C の時のサーミスタ抵抗、B はサーミスタ B 定数を示す。R25、B はデータシート参照のこと。

Rc としては、例えば 33kΩ 程度を想定する。抵抗値が大きい方が発熱の影響が小さくなる。



## 11. 免責

このアプリケーション・ノートで提供されている情報(以下「本情報」といいます。)は、おおよその情報です。アルプスアルパインは、本情報及びその使用について、明示的か黙示的か、法令上のものかその他のものを問わず、いかなる保証もいたしません。アルプスアルパインは、特に、商品性、非侵害性および特定の目的への適合性に関する一切の黙示の保証をいたしません。

アルプスアルパインは、本情報を使用することにより障害が起きないこと、誤りがなくなること、または本情報がお客様の要求を満たすことにつき、いかなる表明も、保証もいたしません。本情報は、お客様ご自身の責任でご使用ください。

アルプスアルパインは、本情報の使用に起因して生じる損害について、それがいかなるものであっても(特別損害、直接損害、間接損害、意図的損害、懲罰的損害、偶発的損害、派生的損害、不可避の損害、ビジネス上の利益の喪失、第三者のビジネスへの損害等を含みますが、これらに限られません)、契約上の責任であるか、不法行為責任であるか、その他の法律上の責任であるかを問わず、また、仮にアルプスアルパインがそのような損害の可能性を知らされていた場合であっても、一切の責任を負いません。