

## PROPATH : 熱物性値プログラム・パッケージ第2.1版

伊藤, 猛宏  
九州大学工学部

黒木, 虎人  
九州大学工学部

茂地, 徹  
長崎大学工学部

高田, 保之  
九州大学工学部

他

<https://doi.org/10.15017/1468117>

---

出版情報 : 九州大学大型計算機センター広報. 18 (3), pp.145-221, 1985-05-25. 九州大学大型計算機センター

バージョン :

権利関係 :



PROPATH : 熱物性値プログラム・パッケージ

第 2 . 1 版

伊 藤 猛 宏 (九州大学工学部)  
黒 木 虎 人 (九州大学工学部)  
茂 地 徹 (長崎大学工学部)  
高 田 保 之 (九州大学工学部)  
本 田 知 宏 (福岡大学工学部)  
増 岡 隆 士 (九州工業大学)  
松 本 健 一 (久留米工業高等専門学校)  
安 田 嘉 明 (九州工業大学)  
山 下 宏 幸 (福岡大学工学部)

目 次

まえがき

第2.1版における追加と変更

I 共通編

1. 言語およびプログラム構造など .....	149
2. 呼び方 .....	149
3. 異常終了処理 .....	150
4. 予約名 .....	151
5. 関数名命名法 .....	152
6. サブルーチン .....	152
7. 単位系 .....	153
8. PROPATHの公開 .....	154

II 個別編

1. ヘリウム4 .....	155
2. 窒素 .....	162
3. 空気 .....	169
4. 二酸化炭素 .....	177
5. 水 .....	183
6. メタン .....	188
7. フロン12 .....	194
8. フロン22 .....	201
9. PROPATHに組み込まれる予定の物質 .....	208

III 付録編

付録1 利用者のプログラム単位の例 .....	209
付録2 サブルーチンLSTPROの出力 .....	211
付録3 サブルーチンLSTSUBの出力 .....	216
付録4 サブルーチンLSTFUNの出力 .....	217
付録5 PROPATH関数表 .....	219

### まえがき

PROPATH第1.1版を九州大学大型計算機センターを始めとするいくつかの機関で公開して、約1年経過した〔1〕。この間、格別の障害の発生が報告されることもなく、順調に稼動してきた。

この度、多少とも機能を強化し、かつ使用しやすく改訂した第2.1版を完成したので、これを第1.1版と置き替える形式で、九州大学大型計算機センター〔2〕等において公開する。PROPATH第2.1版が多くの旧版の利用者にとってより有用であり、また多くの新しい利用者を見出すことを希望する。

### 参考文献

- 〔1〕 伊藤，黒木，茂地，高田，松本，山下 PROPAT H：熱物性値プログラム・パッケージ第1.1版，九州大学大型計算機センター広報，17，3，（1984），135-190.
- 〔2〕 九州大学大型計算機センターニュース，No.311，（1985）2.

第 2.1 版における追加と変更

1. (関数の呼び方) 圧力と温度の単位がそれぞれ 2 種類可能になったことに伴い、これらの指定をする手続きが必要になった。I 共通編第 2.1 節および第 7 章参照。
2. (異常終了時の関数の値) 第 1 水準のエラーでは  $-1.0E+10$ ，第 2，第 3 および第 4 水準のエラーでは  $-1.0E+20$  が利用者のプログラム単位に返される。
3. (圧力と温度の単位) 第 1.1 版の圧力バール bar および温度セルシウス度  $^{\circ}C$  の外に、第 2.1 版では圧力パスカル Pa および温度ケルビン度 K が使えるようになった。I 共通編第 2.1 節および第 7 章参照。
4. (新物質) 第 2.1 版では、次の 3 種類の物質の関数を追加した。  
空気，二酸化炭素およびメタン
5. (第 1.1 版の物質に対する関数の追加) HPS および TPV。
6. (新しく採用した関数種) 第 2.1 版では次の 9 種類の関数を採用した。

表 追変-1 新しく採用した関数

Table A A - 1 Newly Introduced PROPATH FUNCTIONS

関数名 Name of Function	関数および引数 Function and Argument(s)	物質 Substance
HPS	圧力と比エントロピの関数としての比エンタルピ specific enthalpy as function of pressure and specific entropy	全物質 all substances
TPV	圧力と比体積の関数としての温度 temperature as function of pressure and specific volume	全物質 all substances
PSTD	温度の関数としての飽和液の圧力 pressure of saturated liquid as function of temperature	空気 air
PSTDD	温度の関数としての飽和蒸気の圧力 pressure of saturated vapor as function of temperature	空気 air
TSPD	圧力の関数としての飽和液の温度 temperature of saturated liquid as function of pressure	空気 air
TSPDD	圧力の関数としての飽和蒸気の温度 temperature of saturated vapor as function of pressure	空気 air
CVPDD	圧力の関数としての飽和蒸気の定容比熱 isochoric specific heat of saturated vapor as function of pressure	空気 air
CVPT	圧力と温度の関数としての定容比熱 isochoric specific heat as function of pressure and temperature	空気 air
CVTDD	温度の関数としての飽和蒸気の定容比熱 isochoric specific heat of saturated vapor as function of temperature	空気 air

## 1. 言語およびプログラム構造など

### 1.1 言語など

FORTRAN77で記述されており、特定のFORTRAN77コンパイラ固有の拡張機能や個々の計算組織に固有なユーティリティなどは使用していない。

### 1.2 プログラム構造と精度(桁数)

熱物性値や定数を与えるプログラムはすべて関数である。それらの引数は単精度実数か文字型であり、関数の値は単精度実数である。利用の手引きが手許にない利用者には、PROPATHに関する必要最小限度の情報をCRTや印字装置(オペレーティング・システムが予め指定している標準印字装置)に出力するプログラムはサブルーチンである。サブルーチンの引数は不要であるか、文字型であるかのいずれかである。

## 2. 呼び方

### 2.1 関数

関数を引用する利用者のプログラム単位のいかなる実行命令よりも前に、次の3行が書かれなければならない。

```
CHARACTER FLUID*16
COMMON/BLK/FLUID
COMMON/UNIT/KPA
```

これによって、FLUIDが16文字以下の文字型コモン変数として確保され、利用者が意図する物質名をPROPATHの関数へ引き渡す。またKPAは整数型変数として確保され、圧力および温度の単位を指定する。単位系については第7章に説明してある。利用者はプログラム単位の、関数を利用する最初の行より前に、次の2行を書かねばならない。

```
FLUID = ' A '
KPA = N
```

ここに、' A 'は物質名を識別するための文字型定数であり、' A 'として許される値はⅡ個別編の各章の先頭部分に与えてある。以後は熱物性値を得るべき物質名が変更されるごとに、同様の行を書けばよい。

Nは圧力および温度の単位を指定する整数であり、指定されたNの値と選択される単位の関係は第7章に示してある。以後は単位の変更が必要などところで、同様の行を書くことになる。

### 2.2 サブルーチン

各サブルーチンの内容は第6章で説明してある。

文字型の引数を要求するサブルーチンを呼ぶには、次のいずれかのようにすればよい。

```
CALL B(' A ')
```

## 研究開発

あるいは、

```
C = ' A '  
CALL B(C)
```

ここに、' A ' は 2.1 のそれと同じ意味の文字型定数であり、B はサブルーチン名である。

### 3. 異常終了処理

利用者の関数の利用の仕方が不適切な場合、第1水準から第4水準までの異常終了処理が行われる。水準の高いエラーほど（第1水準より第2水準の方が高い）、利用者の過失の程度が大きいと考えられる。

#### 3.1 第1水準のエラー（収束しない）

反復法で関数の値を求める関数において、利用者が引数によって指定した状態点が共存曲線や臨界点などに近すぎ、あらかじめ内部で指定されている反復回数の上限まで計算をしてもなお収束しない。これは利用者の過失ではないが、PROPATHは当面この種の障害を時々発生する。

第1水準のエラーは次のように処理される。

```
関数の値：-1.0E+10  
標準印字装置への出力：  
**** NO CONVERGENCE AT 関数名 ****
```

プログラム技法が稚拙であるためにこの水準のエラーが起こらないよう、PROPATH制作者は最大限の努力をしているが、利用者がもともと共存曲線上や臨界点における値を得ようとしているのであれば、それらに対する別個の関数を利用すればよい。

#### 3.2 第2水準のエラー（引数範囲外）

引数が許されている範囲の外にある。

第2水準のエラーは次のように処理される。

```
関数の値：-1.0E+20  
標準印字装置への出力：  
**** OUT OF RANGE AT 関数名 FOR 物質名 WHEN 第1番めの引数  
の値 AND もしあれば第2番めの引数の値 ****
```

それぞれの関数の引数の範囲はⅡ個別編の各章に物質ごとに表示してある。

#### 3.3 第3水準のエラー（関数存在せず）

利用者が熱物性値を得ようと意図している物質に対して、その熱物性値に対する関数が用意されていない。

第3水準のエラーは次のように処理される。

```
関数の値：-1.0E+20  
標準印字装置への出力：
```

\*\*\*\* FUNCTION 関数名 UNAVAILABLE FOR 物質名 \*\*\*\*

それぞれの物質に対して用意されている関数は、Ⅱ個別編の各章に物質ごとに表示してある。また第6章に説明してあるサブルーチンLSTFUNによっても、特定の物質に対して用意されている関数名の印字を得ることができる。

#### 3.4 第4水準のエラー（物質名不適合）

利用者が物質名識別用文字型コモン変数FLUIDに与えた値が、許される値のいずれでもない。

第4水準のエラーは次のように処理される。

関数の値： $-1.0E+20$

標準印字装置への出力

\*\*\*\* NO FUNCTION FOR 物質名 AVAILABLE AT ALL \*\*\*\*

FLUIDの取り得る値はⅡ個別編の各章の先頭部分に与えてある。また第6章に説明してあるサブルーチンの一つLSTSUBによっても、FLUIDの取り得る値の印字を得ることができる。

## 4. 予約名

PROPATHはそれ自身の固有の目的で下の表に示す名前を使用している。これらは利用者が直接呼ぶことができる関数名およびサブルーチン名と物質名識別用文字型コモン変数FLUIDないしは圧力と温度の単位を指定する整数型変数KPAのいずれかであり、これらは本来の意味においてのみ使用すべきである。表の左端のA, C, E, ……などはこれらの名前の第1番目の文字である。

### 関 数 名

A : AIPPT, ALAPP, ALAPT, ALHP, ALHT, ALMPD, ALMPDD, ALMPT, ALMTD,

ALMTDD, AMUPD, AMUPDD, AMUPT, AMUTD, AMUTDD

C : CPPD, CPPDD, CPPT, CPTD, CPTDD, CRP, CVPDD, CVPT, CVTDD

E : EPSPT

H : HPD, HPDD, HPS, HPT, HPX, HTD, HTDD, HTX

P : PLDT, PMLT, PST, PSTD, PSTDD

S : SIGP, SIGT, SPD, SPDD, SPT, SPX, STD, STDD, STX

T : TLDP, TMLP, TPH, TPS, TPV, TSP, TSPD, TSPDD, TRPL

U : UPD, UPDD, UPT, UPX, UTD, UTDD, UTX

V : VPD, VPDD, VPT, VPX, VTD, VTDD, VTX

X : XPH, XPS, XPU, XPV, XTH, XTS, XTU, XTV

### サブルーチン名

L : LSTFUN, LSTPRO, LSTSUB

### 物質名識別用文字型コモン変数名

F : FLUID

## 研究 開発

圧力と温度の単位を指定する整数型コモン変数

K : KPA

### 5. 関数名命名法

関数に付されている名前は一定の規則に従っているので容易に記憶できる。その規則性を説明する。関数の名前の最初の1文字ないし4文字は求められる関数の値の種類を暗示している。それらをアルファベット順に説明すると、"AIP" = イオン積, "ALAP" = ラプラス係数, "ALH" = 蒸発熱, "ALM" = 熱伝導率, "AMU" = 粘性係数, "CP" = 定圧比熱, "CRP" = 臨界定数, "CV" = 定容比熱, "EPS" = 静的誘電率, "H" = 比エンタルピ, "PLD" = ラムダ線上の圧力, "PML" = 融解曲線上の圧力, "PS" = 飽和圧力, "SIG" = 表面張力, "S" = 比エントロピ, "TLD" = ラムダ線上の温度, "TML" = 融解曲線上の温度, "TS" = 飽和温度, "TRPL" = 三重点の定数, "U" = 比内部エネルギー, "V" = 比体積, "X" = 湿り蒸気の乾き度, となる。このうち最初の5個においては先頭の文字が"A"になっている。これはFORTRAN特有の暗黙の型指定によって、整数にならないように配慮したものである。

さて、その次に来る1文字ないし2文字は引数を暗示し、2文字の場合にはその順序は引数として関数の( )内に記述される順序と一致している。これに該当する文字は、"H" = 比エンタルピ, "P" = 圧力, "S" = 比エントロピ, "T" = 温度, "U" = 比内部エネルギー, "V" = 比体積, "X" = 湿り蒸気の乾き度, の7個である。"CRP"と"TRPL"は引数を暗示する文字を含んでいない。この場合引数は文字型で指定され、( )内に'H', 'P', 'S', 'T'あるいは'V'のいずれか一つが入り、関数の値はそれぞれ比エンタルピ, 圧力, 比エントロピ, 温度および比体積の値となる。

最後に、関数名の末尾の1文字ないし2文字が"D"あるいは"DD"である場合、それらは我国やドイツ系の慣用による"'"および""を示し、それぞれ飽和液および乾き飽和蒸気を意味する。

### 6. サブルーチン

利用の手引きが手許にない利用者が、PROPATHの概要を印字出力として得るための3つのサブルーチンが用意されている。

#### 6.1. サブルーチン LSTPRO

PROPATHの全般的な概念や関数およびサブルーチン名の表を標準印字装置に出力する。引数は不要であり、次の1行を実行すればよい。

```
CALL LSTPRO
```

印字の複写を付録2に示す。

#### 6.2 サブルーチン LSTSUB

PROPATHが少なくとも1つの関数を用意している物質名の表を標準印字装置に出力する。引数は不要であり、次の1行を実行すればよい。

CALL LSTSUB

印字の複写を付録3に示す。

6.3 サブルーチン LSTFUN

文字型が引数のサブルーチンで、その文字型引数で指定される特定の物質に対して、PROPATHが用意している関数名の表を標準印字装置に出力する。この文字型引数を取り得る値の種類は物質名識別用文字型コモン変数FLUIDのそれと同じである。次の例に示すような1行を実行すればよい。

CALL LSTFUN('WATER')

印字の複写を付録4に示す。

7. 単位系

すべての量は2つの例外を除いて、SIか首尾一貫した(coherent)誘導SIで表現される。例外は圧力と温度で、利用者は圧力についてはパスカルPaあるいはバールbarのいずれか、温度についてはケルビンKあるいはセルシウス度°Cのいずれかを選択することができる。具体的には整数型コモン変数KPAに特定の値を代入することにより、圧力と温度の単位が指定される。KPAの与え方はI共通編の第2.1節に示してあり、KPAに与えた値と選択される単位の関係は下の表の通りである。

このように圧力と温度の単位の自由度が認められている場合、II個別編およびIII付録編のLSTPROおよびLSTFUNの印字出力では\*印を付して警告してある。

表 I-7-1 KPAと圧力と温度の単位の対応  
Table I-7-1 Units of Pressure and Temperature Specified by KPA

KPA	圧力の単位 unit of pressure	温度の単位 unit of temperature
0	Pa	K
1	bar	°C
2	bar	K
3	Pa	°C
その他 others	Pa	K

## 8. PROPATHの公開

PROPATHは次の機関でユーティリティとして登録され、公開中であるか、公開準備中である。

九州大学大型計算機センター  
大阪大学大型計算機センター  
京都大学大型計算機センター  
京都大学原子エネルギー研究所  
慶応義塾大学計算センター  
神戸商船大学情報処理センター  
東京大学大型計算機センター  
福岡大学電子計算センター  
北海道大学大型計算機センター  
電子技術総合研究所  
日本原子力研究所東海研究所  
University of Oxford  
Ruhr-University of Bochum  
National Bureau of Standards, Boulder  
University of Southampton  
University of Strathclyde

## 1. ヘリウム4

熱力学的な量の計算式としては、IUPACのヘリウム蒸気表(1)の式、輸送的性質の計算式としてはMcCartyら(2)の式およびHandsら(3)の式を、それぞれ採用した。

### 1.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUIDの値

物質名：ヘリウム4

FLUIDの値：'HELIUM4'，'HELIUM'あるいは'HE'のいずれかとする。

### 1.2 重要な定数など

分子式：He

分子量：4.0026

気体定数：2077.2J/(kg·K)

臨界定数：臨界圧力：0.22746×10<sup>6</sup> Pa (2.2746 bar)

臨界温度：5.2014K(-267.9486°C)

臨界比体積：0.014360m<sup>3</sup>/kg

三重点(α-, β-固体および液体ヘリウムI)：

圧力：3.043×10<sup>6</sup> Pa (3.043 bar)

温度：1.7778K(-271.3722°C)

基準状態：1.01325 bar(1 atm)，25°C(298.15K)(気体)において、比エントロピが126.039 J/(mol·K)，比エンタルピが6197 J/molである。

### 1.3 計算式

状態式：P = P(ρ, T)形式の文献(1)の式(4)，ここにP = 圧力，ρ = 密度，T = 温度。文献(1)の表Iのn<sub>50</sub>，n<sub>51</sub>，n<sub>60</sub>，n<sub>61</sub>，n<sub>62</sub>，n<sub>70</sub>，n<sub>71</sub>，n<sub>72</sub>をそれぞれn<sub>60</sub>，n<sub>61</sub>，n<sub>62</sub>，n<sub>70</sub>，n<sub>71</sub>，n<sub>72</sub>，n<sub>50</sub>，n<sub>51</sub>と訂正した。

蒸気圧：文献(1)の式(7)。ただし、文献(1)の表Jにおいて1.2774706525×10<sup>2</sup>を1.4127497598×10<sup>2</sup>と訂正した。

気液平衡線：比体積は、文献(1)の式(7)，(8)および(4)から、比エントロピは、密度の値と文献(1)の上の物性値式(7)およびページ39の式から、また比エンタルピは、密度の値と文献(1)の式(7)およびページ40の式から計算。定圧比熱は、密度と文献(1)の式(7)および(2)から計算。

ラムダ線上の  
圧力と温度：文献(1)の式(3)。

融解曲線上の  
圧力と温度：文献(1)の式(5)と式(6)。

輸送的性質：粘性係数は文献(2)から、熱伝導率は文献(3)からそれぞれT < -173.15°C(100K)の範囲で計算。

- 文献
- (1) S. Angus and K. M. de Reuck, International Thermodynamic Table of the Fluid State Helium-4, IUPAC, vol. 4, (1977)
  - (2) R. D. McCarty, N. B. S. Technical Note 631, (Nov., 1972), p. 9
  - (3) B. A. Hands and V. D. Arp, Cryogenics, vol. 21, (1981), p. 697

表 II-1-1 ヘリウム関数

Table II-1-1 Helium Function

1/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2			
3			
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.22746 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.2746$ (bar)
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.1773 \leq T \leq 5.2014$ (K) $-270.9727 \leq T \leq -267.9486$ (°C)
6	ALMPD (P)	ALMPD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.219 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.19$ (bar)
7	ALMPDD (P)	ALMPDD: 飽和蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Vapor (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.219 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.19$ (bar)
8	ALMPT (P, T)	ALMPT: 熱伝導率 Thermal Conductivity (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 3.013 \times 10^6$ (Pa) TLDP (P) $\leq T \leq 100.0$ (K) $3.013 \times 10^4 < P \leq 70.0 \times 10^6$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 100.0$ (K)  $0.0504 \leq P \leq 30.13$ (bar) TLDP (P) $\leq T \leq -173.15$ (°C) $30.13 < P \leq 700.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq -173.15$ (°C) 図II-1-1に示す臨界点近傍を除外する exclude the critical region shown in Fig II-1-1
9	ALMTD (T)	ALMTD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.1773 \leq T < 5.15$ (K) $-270.9727 \leq T < -268.0$ (°C)
10	ALMTDD (T)	ALMTDD: 飽和蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Vapor (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.1773 \leq T < 5.15$ (K) $-270.9727 \leq T < -268.0$ (°C)

表 II-1-1 ヘリウム関数 (つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont'd)

2/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
11	AMUPD (P)	AMUPD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.22746 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.2746$ (bar)
12	AMUPDD (P)	AMUPDD: 飽和蒸気の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Vapor (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.22746 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.2746$ (bar)
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 3.013 \times 10^6$ (Pa) TLDP (P) $\leq T \leq 100.0$ (K) $3.013 \times 10^4 < P \leq 70.0 \times 10^6$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 100.0$ (K)  $0.0504 \leq P \leq 30.13$ (bar) TLDP (P) $\leq T \leq -173.15$ (°C) $30.13 < P \leq 700.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq -173.15$ (°C)
14	AMUTD (T)	AMUTD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.1773 \leq T \leq 5.2014$ (K) $-270.9727 \leq T \leq -267.9486$ (°C)
15	AMUTDD (T)	AMUTDD: 飽和蒸気の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Vapor (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.1773 \leq T \leq 5.2014$ (K) $-270.9727 \leq T \leq -267.9486$ (°C)
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.219 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.19$ (bar)
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$5.04 \times 10^4 \leq P \leq 0.219 \times 10^6$ (Pa) $0.0504 \leq P \leq 2.19$ (bar)

表 II-1-1 ヘリウム関数 (つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont'd)

3/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
18	CPPT (P, T)	CPPT:定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) TLDP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) TLDP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C) 図II-1-1に示す臨界点近傍を除外する exclude the critical region shown in Fig. II-1-1
19	CPTD (T)	CPTD:飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T < 5.15 (K) -270.9727 ≤ T < -268.0 (°C)
20	CPTDD (T)	CPTDD:飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T < 5.15 (K) -270.9727 ≤ T < -268.0 (°C)
21	CRP ('A')	CRP:臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H': 6.7406×10 <sup>8</sup> (J/kg) 比エンタルピー Specific Enthalpy P: 'A' = 'P': 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa), 2.2746 (bar) 圧力 Pressure S: 'A' = 'S': 5.6988×10 <sup>8</sup> (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 5.2014 (K), -267.9486 (°C) 温度 Temperature V: 'A' = 'V': 0.014360 (m <sup>3</sup> /kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22			
23	HPD (P)	HPD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
24	HPDD (P)	HPDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)

表 II-1-1 ヘリウム関数 (つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont'd)

4/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
71	HPS (P, S)	HPS:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) S:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) SPT (P, TLDP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1400.0 (K)) (J/(kg·K)), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1400.0 (K)) (J/(kg·K))  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) SPT (P, TLDP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1126.85 (°C)) (J/(kg·K)), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1126.85 (°C)) (J/(kg·K))
25	HPT (P, T)	HPT:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) TLDP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) TLDP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C)
26	HPX (P, X)	HPX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾気度 Dryness Fraction (-)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
27	HTD (T)	HTD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
28	HTDD (T)	HTDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
29	HTX (T, X)	HTX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾気度 Dryness Fraction (-)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)

表 II-1-1 ヘリウム関数(つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont' d)

5/10

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
66	PLDT (T)	PLDT*:ラムダ線上の圧力 Pressure on Lambda Curve (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	1.7678 ≤ T ≤ 2.1773 (K) -271.3822 ≤ T ≤ -270.9727 (°C)
68	PMLT (T)	PMLT*:融解曲線上の圧力 Pressure on Melting Curve (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	1.7678 ≤ T ≤ 11.023 (K) -271.3822 ≤ T ≤ -262.127 (°C)
30	PST (T)	PST*:飽和圧力 Saturated Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
72			
73			
31			
32			
33	SPD (P)	SPD:飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04 × 10 <sup>-5</sup> ≤ P ≤ 0.22746 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
34	SPDD (P)	SPDD:飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04 × 10 <sup>-5</sup> ≤ P ≤ 0.22746 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
35	SPT (P, T)	SPT:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	5.04 × 10 <sup>-5</sup> ≤ P ≤ 3.013 × 10 <sup>6</sup> (Pa) TLDP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K) 3.013 × 10 <sup>6</sup> < P ≤ 70.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) TLDP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C) 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C)
36	SPX (P, X)	SPX:湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	5.04 × 10 <sup>-5</sup> ≤ P ≤ 0.22746 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)

表 II-1-1 ヘリウム関数(つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont' d)

6/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
37	STD (T)	STD:飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
38	STDD (T)	STDD:飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
39	STX (T, X)	STX:湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
67	TLDP (P)	TLDP*:ラムダ線上の温度 Temperature on Lambda Curve (K), (°C) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04 × 10 <sup>-5</sup> ≤ P ≤ 3.013 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar)
69	TMLP (P)	TMLP*:融解曲線上の温度 Temperature on Melting Curve (K), (°C) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	3.013 × 10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 70.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 30.13 ≤ P ≤ 700.0 (bar)
64	TPH (P, H)	TPH*:温度 Temperature (K), (°C) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) H:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	5.04 × 10 <sup>-5</sup> ≤ P ≤ 3.013 × 10 <sup>6</sup> (Pa) HPT (P, TLDP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 1400.0K) (J/kg) 3.013 × 10 <sup>6</sup> < P ≤ 70.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) HPT (P, TMLP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 1400.0K) (J/kg)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) HPT (P, TLDP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 1126.85°C) (J/kg) 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) HPT (P, TMLP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 1126.85°C) (J/kg)

表 II-1-1 ヘリウム関数 (つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont'd)

7/10

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) SPT (P, TLDP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1400.0K) (J/(kg·K)), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1400.0K) (J/(kg·K))  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) SPT (P, TLDP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1126.85°C) (J/(kg·K)), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1126.85°C) (J/(kg·K))
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) VPT (P, TLDP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 1400.0K) (m <sup>3</sup> /kg), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 1400.0K) (m <sup>3</sup> /kg)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) VPT (P, TLDP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 1126.85°C) (m <sup>3</sup> /kg), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 1126.85°C) (m <sup>3</sup> /kg)
41	TRPL ('A')	TRPL*: 三重点 (α-, γ-固体および液体ヘリウムI) における値 Property at Triple Point (α-, γ-Solid and Liquid Helium I) P*: 'A' = 'P': 3.043×10 <sup>8</sup> (Pa), 30.43 (bar) 圧力 Pressure T*: 'A' = 'T': 1.7778 (K), -271.3722 (°C) 温度 Temperature	'P', 'T' のいずれか一つ one of 'P' or 'T'
40	TSP (P)	TSP*: 飽和温度 Saturated Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
74			
75			

表 II-1-1 ヘリウム関数 (つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont'd)

8/10

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
42	UPD (P)	UPD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
43	UPDD (P)	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
44	UPT (P, T)	UPT: 比内部エネルギー Specific Internal Energy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) TLDP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) TLDP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C)
45	UPX (P, X)	UPX: 蒸り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
46	UTD (T)	UTD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
48	UTX (T, X)	UTX: 蒸り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
49	VPD (P)	VPD: 飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)
50	VPDD (P)	VPDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar)

表 II-1-1 ヘリウム関数(つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont' d)

9/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
51	VPT (P, T)	VPT: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.013×10 <sup>8</sup> (Pa) TLDP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K), 3.013×10 <sup>8</sup> < P ≤ 70.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1400.0 (K)  0.0504 ≤ P ≤ 30.13 (bar) TLDP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C), 30.13 < P ≤ 700.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 1126.85 (°C)
52	VPX (P, X)	VPX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
53	VTD (T)	VTD: 飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
54	VTDD (T)	VTDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C)
55	VTX (T, X)	VTX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
56	XPH (P, H)	XPH: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))
58	XPU (P, U)	XPU: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)

表 II-1-1 ヘリウム関数(つづき)

Table II-1-1 Helium Function (cont' d)

10/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
59	XPV (P, V)	XPV: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	5.04×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 0.22746×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.0504 ≤ P ≤ 2.2746 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) HTD (T) ≤ H ≤ HTDD (T) (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) STD (T) ≤ S ≤ STDD (T) (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) UTD (T) ≤ U ≤ UTDD (T) (J/kg)
63	XTV (T, V)	XTV: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	2.1773 ≤ T ≤ 5.2014 (K) -270.9727 ≤ T ≤ -267.9486 (°C) VTD (T) ≤ V ≤ VTDD (T) (m <sup>3</sup> /kg)

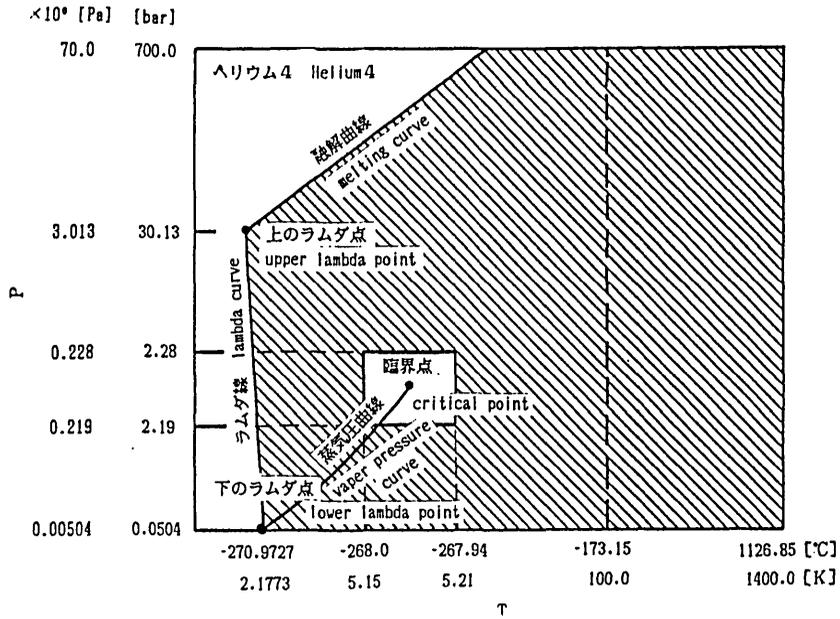


図 II-1-1 関数 ALWPT(P,T) および CPPT(P,T) に対する  
引数(P,T)の範囲 (ALWPT:  $T \leq -173.15^{\circ}\text{C}$ )

Fig. II-1-1 Range of Arguments (P,T) for ALWPT(P,T)  
and CPPT(P,T) (ALWPT:  $T \leq -173.15^{\circ}\text{C}$ )

## 研究開発

### 2. 窒素

熱力学的な量の計算式としては Jacobsen ら(1), (2), McCarty ら(3), Stewart ら(4)および Grilly ら(5)の式を, 輸送的性質およびその他の性質の計算式としては, Jacobsen ら(2)の式を, それぞれ採用している。

窒素関数は, 磁気テープで提供された NIPROP (6)を基礎にしている。関数の呼び方などは PROPATH の一般仕様に合致するように変更されているが, NIPROP と PROPATH の窒素関数は本質的に同じである。ソフトウェアを提供した Univ. Oxford の B. A. Hands 氏に感謝する。

#### 2.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUID の値

物質名 : 窒素

FLUID の値 : 'NITROGEN' あるいは 'N' のいずれかとする。

#### 2.2 重要な定数など

分子式 :  $N_2$

分子量 : 28.0134

気体定数 :  $296.8115 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

臨界定数 : 臨界圧力 :  $3.4000 \times 10^6 \text{ Pa}$  (34.000 bar)

臨界温度 :  $126.20 \text{ K}$  ( $-146.95^\circ\text{C}$ )

臨界比体積 :  $3.1844 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

三重点 : 圧力 :  $0.012514 \times 10^6 \text{ Pa}$  (0.12514 bar)

温度 :  $63.148 \text{ K}$  ( $-210^\circ\text{C}$ )

基準状態 :  $1.01325 \text{ bar}$  (1 atm),  $25^\circ\text{C}$  ( $298.15 \text{ K}$ ) (気体)において, 比エントロピが  $191.5 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ , 比エンタルピが  $8669 \text{ J}/\text{mol}$  である。

#### 2.3 計算式

状態式 :  $P = P(\rho, T)$  形式の文献(1)。ここに,  $P$  = 圧力,  $\rho$  = 密度,  $T$  = 温度。

蒸気圧 : 文献(2)の式(2)。

気液平衡線 : 比体積は文献(3)から, 比エントロピおよび比エンタルピは文献(4)により密度と温度上の物性値の関数として, また定圧比熱は文献(2)および(4)から計算。

融解曲線上の  
圧力と温度 : 文献(5)の式(2)。

輸送的性質 : 粘性係数および熱伝導率はそれぞれ文献(2)の式(9)と(10)。

その他の性質 : 表面張力および静的誘電率はそれぞれ文献(2)の式(19)と(20)。

- 文献 (1) R. T. Jacobsen, R. B. Stewart, and A. F. Myers, Adv. Cryo. Eng., vol.18, pp. 248 - 255 (1973)
- (2) R. T. Jacobsen, R. B. Stewart, R. D. McCarty and H. J. M. Hanley, N. B. S. Technical Note 648 (December, 1973)
- (3) R. D. McCarty, Priv. Comm. to B. A. Hands, Author of ref. (1)
- (4) R. B. Stewart, R. T. Jacobsen and A. F. Myers, The Thermodynamic Properties of Oxygen and Nitrogen: Part 1, Engineering Experiment

Station. Univ. of Idaho, (August, 1972)

- (5) E. R. Grilly and R. L. Mills, Phys. Rev., vol.99, p.480 (1955)
- (6) B. A. Hands, NIPROP—a computer package for the thermodynamic and thermophysical properties of nitrogen, Cryogenics Laborator, Dept. of Eng. Science, Univ. of Oxford Departmental Report Number 1485/83 (June, 1983)

表 II-2-1 窒素関数

Table II-2-1 Nitrogen Function

1/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2	ALAPP (P)	ALAPP: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
3	ALAPT (T)	ALAPT: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
6	ALMPD (P)	ALMPD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
7	ALMPDD (P)	ALMPDD: 飽和蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Vapor (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
8	ALMPT (P, T)	ALMPT: 熱伝導率 Thermal Conductivity (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar] T*: 温度 Temperature (°C)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 1000.0$ (K) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 726.85$ (°C)
9	ALMTD (T)	ALMTD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
10	ALMTDD (T)	ALMTDD: 飽和蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Vapor (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
11	AMUPD (P)	AMUPD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont'd)

2/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
12	AMUPDD (P)	AMUPDD: 飽和蒸気の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Vapor (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar] T*: 温度 Temperature (°C)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 1000.0$ (K) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 726.85$ (°C)
14	AMUTD (T)	AMUTD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
15	AMUTDD (T)	AMUTDD: 飽和蒸気の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Vapor (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), [bar] T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 1000.0$ (K) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 726.85$ (°C)
19	CPTD (T)	CPTD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), [°C]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont'd)

3/9

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
21	CRP ('A')	CRP:臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H': 30.791×10 <sup>8</sup> (J/kg) 比エンタルピー Specific Enthalpy P*: 'A' = 'P': 3.4×10 <sup>8</sup> (Pa), 34.0 (bar) 圧力 Pressure S: 'A' = 'S': 4.2269×10 <sup>8</sup> (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 126.2 (K), -146.95 (°C) 温度 Temperature V: 'A' = 'V': 3.1844×10 <sup>-4</sup> (m <sup>3</sup> /kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22	EPSPT (P, T)	EPSPT: 静的誘電率 Static Dielectric Constant (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>9</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1000.0 (K)  0.12514 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 726.85 (°C)
23	HPD (P)	HPD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar)
24	HPDD (P)	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar)
71	HPS (P, S)	HPS: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>9</sup> (Pa) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 1000.0 (K)) (J/(kg·K))  0.12514 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 726.85 (°C)) (J/(kg·K))
25	HPT (P, T)	HPT: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>9</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1000.0 (K)  0.12514 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 726.85 (°C)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont'd)

4/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
26	HPX (P, X)	HPX: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
27	HTD (T)	HTD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
28	HTDD (T)	HTDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
29	HTX (T, X)	HTX: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
66			
68	PMLT (T)	PMLT*: 融解曲線上の圧力 Pressure on Melting Curve (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 190.4 (K) -210.002 ≤ T ≤ -82.75 (°C)
30	PST (T)	PST*: 飽和圧力 Saturation Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
72			
73			
31	SIGP (P)	SIGP: 表面張力 Surface Tension (N/m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar)
32	SIGT (T)	SIGT: 表面張力 Surface Tension (N/m) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
33	SPD (P)	SPD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	12.514×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont' d)

5/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
34	SPDD (P)	SPDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor [J/(kg·K)] P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
35	SPT (P, T)	SPT: 比エントロピー Specific Entropy [J/(kg·K)] P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 1000.0$ (K) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 726.85$ (°C)
36	SPX (P, X)	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture [J/(kg·K)] P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction [-]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ [-]
37	STD (T)	STD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid [J/(kg·K)] T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
38	STDD (T)	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor [J/(kg·K)] T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C)
39	STX (T, X)	STX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture [J/(kg·K)] T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction [-]	$63.148 \leq T \leq 126.2$ (K) $-210.002 \leq T \leq -146.95$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ [-]
67			
69	TMLP (P)	TMLP*: 融解曲線上の温度 Temperature on Melting Curve (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar)
64	TPH (P, H)	TPH*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 比エンタルピー Specific Enthalpy [J/kg]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) HPT (P, TMLP (P)) $\leq H \leq$ HPT (P, 1000.0K) [J/kg] $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) HPT (P, TMLP (P)) $\leq H \leq$ HPT (P, 726.85°C) [J/kg]

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont' d)

6/9

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy [J/(kg·K)]	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 1000.0K) [J/(kg·K)] $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 726.85°C) [J/(kg·K)]
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) VPT (P, TMLP (P)) $\leq V \leq$ VPT (P, 1000.0K) (m <sup>3</sup> /kg) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) VPT (P, TMLP (P)) $\leq V \leq$ VPT (P, 726.85°C) (m <sup>3</sup> /kg)
41	TRPL ('A')	TRPL*: 三重点における値 Property at Triple Point P*: 'A' = 'P': $12.514 \times 10^3$ (Pa), 0.12514 (bar) 圧力 Pressure T*: 'A' = 'T': 63.148 (K), -210.002 (°C) 温度 Temperature	'P', 'T' のいずれか一つ one of 'P' or 'T'
40	TSP (P)	TSP*: 飽和温度 Saturation Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
74			
75			
42	UPD (P)	UPD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid [J/kg] P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
43	UPDD (P)	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor [J/kg] P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 3.4 \times 10^4$ (Pa) $0.12514 \leq P \leq 34.0$ (bar)
44	UPT (P, T)	UPT: 比内部エネルギー Specific Internal Energy [J/kg] P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$12.514 \times 10^3 \leq P \leq 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 1000.0$ (K) $0.12514 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 726.85$ (°C)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont' d)

7/9

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
45	UPX (P, X)	UPX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
46	UTD (T)	UTD: 飽和液体の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
48	UTX (T, X)	UTX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
49	VPD (P)	VPD: 飽和液体の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar)
50	VPDD (P)	VPDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar)
51	VPT (P, T)	VPT: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1000.0 (K) 0.12514 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 726.85 (°C)
52	VPX (P, X)	VPX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
53	VTD (T)	VTD: 飽和液体の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont' d)

8/9

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
54	VTDD (T)	VTDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C)
55	VTX (T, X)	VTX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
56	XPH (P, H)	XPH: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))
58	XPU (P, U)	XPU: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)
59	XPV (P, V)	XPV: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	12.514×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 3.4×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.12514 ≤ P ≤ 34.0 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) HTD (T) ≤ H ≤ HTDD (T) (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) STD (T) ≤ S ≤ STDD (T) (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	63.148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) UTD (T) ≤ U ≤ UTDD (T) (J/kg)

表 II-2-1 窒素関数 (つづき)

Table II-2-1 Nitrogen Function (cont' d)

9/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
63	XTV (T, V)	XTV: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	63 148 ≤ T ≤ 126.2 (K) -210.002 ≤ T ≤ -146.95 (°C) VTD (T) ≤ V ≤ VTDD (T) (m <sup>3</sup> /kg)

### 3. 空 気

熱力学的な量の計算式としては Baehr ら(1)の式を，輸送的性質の計算式としては，Kadoya ら(2)の式を，それぞれ採用した。

#### 3.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUID の値

物 質 名： 空気

FLUID の値： 'AIR'.

#### 3.2 重要な定数など

分 子 式： Air 混合物， $N_2 = 0.7841$  ( kmol  $N_2$  / kmol Air )

$O_2 = 0.2066$  ( kmol  $O_2$  / kmol Air )

$Ar = 0.0093$  ( kmol Ar / kmol Air )

分 子 量： 28.96

気 体 定 数： 287.22 J / ( kg · K )

臨 界 定 数： 臨界圧力：  $3.76625 \times 10^6$  Pa ( 37.6625 bar )

臨界温度： 132.52 K ( -140.63 °C )

臨界比体積：  $3.19489 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup> / kg

基 準 状 態： 1.01325 bar ( 1 atm )，-233.15 °C ( 40 K ) の理想気体状態において，比エントロピが  $4845.72$  J / ( kg · K )，-233.15 °C ( 40 K ) の理想気体において，比内部エネルギーが  $28325.0$  J / kg である。

#### 3.3 計算式

状 態 式：  $P = P(\rho, T)$  形式の文献(1)の式(36)および式(43b)。ここに， $P$  = 圧力， $\rho$  = 密度， $T$  = 温度。

露点曲線上 ( 飽和蒸気 ) の圧力と温度：

文献(1)の式(36)。

沸点曲線上 ( 飽和液 ) の圧力と温度：

文献(1)の式(37)。

気体平衡線： 飽和液の比体積は文献(1)の式(38a)から，比エントロピは文献(1)の式(54)から，また比エンタルピは文献(1)の式(56)から計算。飽和蒸気の比体積は文献(1)の式(36)および(43b)から，比エントロピは文献(1)の式(36)および(46)から，比エンタルピは文献(1)の式(36)および(45)から，定容比熱は文献(1)の式(36)および(48)から，また定圧比熱は文献(1)の式(36)および(49)から計算。

輸送的性質： 粘性係数および熱伝導率は文献(2)。

文 献

(1) H. D. Baehr and K. Schwier, Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft, Springer - Verlag (1961)

(2) K. Kadoya, N. Matsunaga and A. Nagashima, Viscosity and Thermal Conductivity of Dry Air in the Gaseous Phase, Journal of Physical and Chemical Reference Data, to be published.

表 II-3-1 空気関数

Table II-3-1 Air Function

1/7

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2			
3			
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$40.0 \times 10^6 \leq P \leq 3.6 \times 10^8$ (Pa) $0.4 \leq P \leq 36.0$ (bar)
5			
6			
7			
8	ALMPT (P, T)	ALMPT: 熱伝導率 Thermal Conductivity (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$0 \leq P \leq 100.0 \times 10^6$ (Pa) $85.0 \leq T \leq 2000.0$ (K) $0 \leq P \leq 1000.0$ (bar) $-188.15 \leq T \leq 1726.85$ (°C) 図II-3-1参照 see Fig. II-3-1
9			
10			
11			
12			
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$0 \leq P \leq 100.0 \times 10^6$ (Pa) $85.0 \leq T \leq 2000.0$ (K) $0 \leq P \leq 1000.0$ (bar) $-188.15 \leq T \leq 1726.85$ (°C) 図II-3-2参照 see Fig. II-3-2
14			
15			
16			

表 II-3-1 空気関数 (つづき)

Table II-3-1 Air Function (cont'd)

2/7

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1000.0 \leq P \leq 3.76625 \times 10^8$ (Pa) $0.01 \leq P \leq 37.6625$ (bar)
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$0 \leq P \leq 450.0 \times 10^6$ (Pa) $60.0 \leq T \leq 1523.15$ (K) $0 \leq P \leq 4500.0$ (bar) $-213.15 \leq T \leq 1250.0$ (°C) 図II-3-3参照 see Fig. II-3-3
19			
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$60.0 \leq T \leq 132.52$ (K) $-213.15 \leq T \leq -140.63$ (°C)
21	CRP ('A')	CRP: 臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H': $34.248 \times 10^6$ (J/kg) 比エンタルピー Enthalpy P*: 'A' = 'P': $3.76625 \times 10^8$ (Pa), 37.6625 (bar) 圧力 Pressure S: 'A' = 'S': $4.3843 \times 10^6$ (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 132.52 (K), -140.63 (°C) 温度 Temperature V: 'A' = 'V': $3.19489 \times 10^{-4}$ (m³/kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
76	CVPDD (P)	CVPDD: 飽和蒸気の定容比熱 Isochoric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1000.0 \leq P \leq 3.76625 \times 10^8$ (Pa) $0.01 \leq P \leq 37.6625$ (bar)
77	CVPT (P, T)	CVPT: 定容比熱 Isochoric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$0 \leq P \leq 450.0 \times 10^6$ (Pa) $60.0 \leq T \leq 1523.15$ (K) $0 \leq P \leq 4500.0$ (bar) $-213.15 \leq T \leq 1250.0$ (°C) 図II-3-3参照 see Fig. II-3-3
78	CVTDD (T)	CVTDD: 飽和蒸気の定容比熱 Isochoric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$60.0 \leq T \leq 132.52$ (K) $-213.15 \leq T \leq -140.63$ (°C)

表 II-3-1 空気関数 (つづき)

Table II-3-1 Air Function (cont' d)

3/7

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
22			
23	HPD (P)	HPD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$40.0 \times 10^3 \leq P \leq 3.6 \times 10^4$ (Pa) $0.4 \leq P \leq 36.0$ (bar)
24	HPDD (P)	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1000.0 \leq P \leq 3.76625 \times 10^4$ (Pa) $0.01 \leq P \leq 37.6625$ (bar)
71	HPS (P, S)	HPS: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$1000.0 \leq P \leq 450.0 \times 10^3$ (Pa) $0.01 \leq P \leq 4500.0$ (bar) Sに関しては図II-3-5参照 see Fig. II-3-5 for S
25	HPT (P, T)	HPT: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$1000.0 \leq P \leq 450.0 \times 10^3$ (Pa) $60.0 \leq T \leq 1523.15$ (K) $0.01 \leq P \leq 4500.0$ (bar) $-213.15 \leq T \leq 1250.0$ (°C) 図II-3-3参照 see Fig. II-3-3
26	HPX (P, X)	HPX: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$40.0 \times 10^3 \leq P \leq 3.6 \times 10^4$ (Pa) $0.4 \leq P \leq 36.0$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
27	HTD (T)	HTD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$68.0 \leq T \leq 132.0$ (K) $-205.15 \leq T \leq -141.15$ (°C)
28	HTDD (T)	HTDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$60.0 \leq T \leq 132.52$ (K) $-213.15 \leq T \leq -140.63$ (°C)
29			
66			
68			
30			

表 II-3-1 空気関数 (つづき)

Table II-3-1 Air Function (cont' d)

4/7

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
72	PSTD (T)	PSTD*: 沸点曲線上 (飽和液) の圧力 Pressure (Pa), (bar) on Bubble-Point Curve (Saturated Liquid) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$68.0 \leq T \leq 132.42$ (K) $-205.15 \leq T \leq -140.73$ (°C)
73	PSTDD (T)	PSTDD*: 露点曲線上 (飽和蒸気) の圧力 Pressure (Pa), (bar) on Dew-Point Curve (Saturated Vapor) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$60.0 \leq T \leq 132.52$ (K) $-213.15 \leq T \leq -140.63$ (°C)
31			
32			
33	SPD (P)	SPD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$40.0 \times 10^3 \leq P \leq 3.6 \times 10^4$ (Pa) $0.4 \leq P \leq 36.0$ (bar)
34	SPDD (P)	SPDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1000.0 \leq P \leq 3.76625 \times 10^4$ (Pa) $0.01 \leq P \leq 37.6625$ (bar)
35	SPT (P, T)	SPT: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$1000.0 \leq P \leq 450.0 \times 10^3$ (Pa) $60.0 \leq T \leq 1523.15$ (K) $0.01 \leq P \leq 4500.0$ (bar) $-213.15 \leq T \leq 1250.0$ (°C) 図II-3-3参照 see Fig. II-3-3
36	SPX (P, X)	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$40.0 \times 10^3 \leq P \leq 3.6 \times 10^4$ (Pa) $0.4 \leq P \leq 36.0$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
37	STD (T)	STD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$68.0 \leq T \leq 132.0$ (K) $-205.15 \leq T \leq -141.15$ (°C)
38	STDD (T)	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$60.0 \leq T \leq 132.52$ (K) $-213.15 \leq T \leq -140.63$ (°C)
39			

表 II-3-1 空気関数(つづき)

Table II-3-1 Air Function (cont'd)

5/7

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
67			
69			
64	TPH (P, H)	TPH*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	1000.0 ≤ P ≤ 450.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.01 ≤ P ≤ 4500.0 (bar) Hに関しては図II-3-4参照 see Fig. II-3-4 for H
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	1000.0 ≤ P ≤ 450.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.01 ≤ P ≤ 4500.0 (bar) Sに関しては図II-3-5参照 see Fig. II-3-5 for S
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	1000.0 ≤ P ≤ 450.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.01 ≤ P ≤ 4500.0 (bar) Vに関しては図II-3-6参照 see Fig. II-3-6 for V
41			
40			
74	TSPD (P)	TSPD*: 沸点曲線上(飽和液)の温度 Temperature (K), (°C) on Bubble-Point Curve (Saturated Liquid) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	40.0 × 10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 3.77434 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 37.7434 (bar)
75	TSPDD (P)	TSPDD*: 露点曲線上(飽和蒸気)の温度 Temperature (K), (°C) on Dew-Point Curve (Saturated Vapor) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1000.0 ≤ P ≤ 3.76625 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.01 ≤ P ≤ 37.6625 (bar)
42	UPD (P)	UPD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	40.0 × 10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar)
43	UPDD (P)	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1000.0 ≤ P ≤ 3.76625 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.01 ≤ P ≤ 37.6625 (bar)

表 II-3-1 空気関数(つづき)

Table II-3-1 Air Function (cont'd)

6/7

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
44	UPT (P, T)	UPT: 比内部エネルギー Specific Internal Energy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	1000.0 ≤ P ≤ 450.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 60.0 ≤ T ≤ 1523.15 (K) 0.01 ≤ P ≤ 4500.0 (bar) -213.15 ≤ T ≤ 1250.0 (°C) 図II-3-3参照 see Fig II-3-3
45	UPX (P, X)	UPX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	40.0 × 10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
46	UTD (T)	UTD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	68.0 ≤ T ≤ 132.0 (K) -205.15 ≤ T ≤ -141.15 (°C)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	60.0 ≤ T ≤ 132.52 (K) -213.15 ≤ T ≤ -140.63 (°C)
48			
49	VPD (P)	VPD: 飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	40.0 × 10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar)
50	VPDD (P)	VPDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1000.0 ≤ P ≤ 3.76625 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.01 ≤ P ≤ 37.6625 (bar)
51	VPT (P, T)	VPT: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	1000.0 ≤ P ≤ 450.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 60.0 ≤ T ≤ 1523.15 (K) 0.01 ≤ P ≤ 4500.0 (bar) -213.15 ≤ T ≤ 1250.0 (°C) 図II-3-3参照 see Fig. II-3-3
52	VPX (P, X)	VPX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	40.0 × 10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)

表 II-3-1 空気関数 (つづき)

Table II-3-1 Air Function (cont'd)

1/7

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
53	VTD (T)	VTD: 飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	88.0 ≤ T ≤ 132.52 (K) -205.15 ≤ T ≤ -140.63 (°C)
54	VTDD (T)	VTDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	60.0 ≤ T ≤ 132.52 (K) -213.15 ≤ T ≤ -140.63 (°C)
55			
56	XPH (P, H)	XPH: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	4.0 × 10 <sup>4</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	4.0 × 10 <sup>4</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))
58	XPU (P, U)	XPU: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気の比内エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	4.0 × 10 <sup>4</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)
59	XPV (P, V)	XPV: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	4.0 × 10 <sup>4</sup> ≤ P ≤ 3.6 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.4 ≤ P ≤ 36.0 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60			
61			
62			
63			

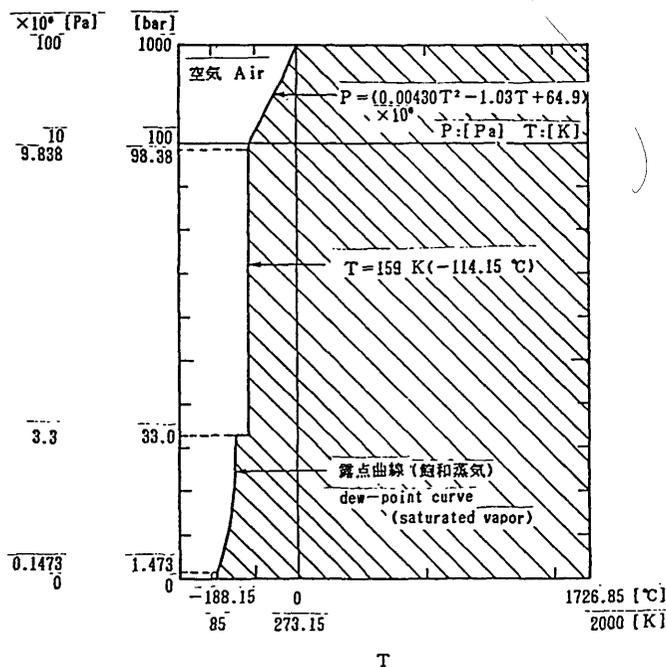


図 II-3-1 関数 ALWPT(P,T)に対する引数(P,T)の範囲

Fig. II-3-1 Range of Arguments (P,T) for ALWPT(P,T)

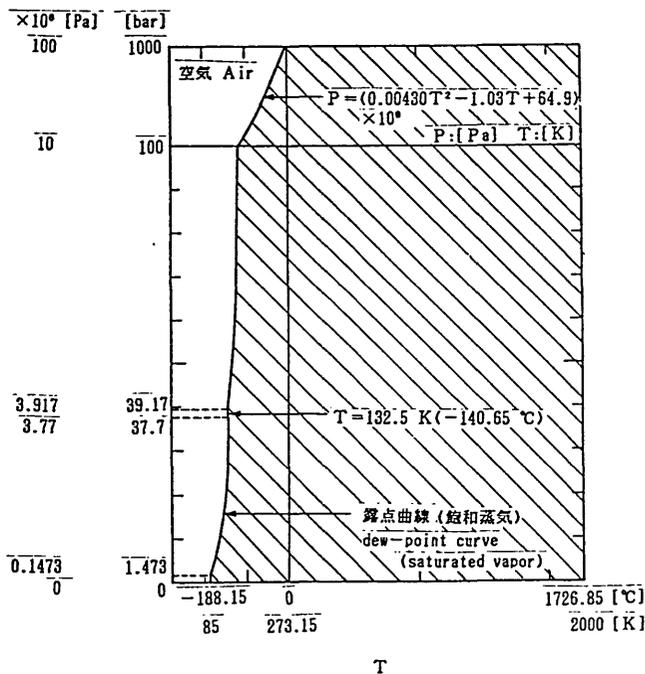


図 II-3-2 関数 ANUPT(P,T) に対する引数 (P,T) の範囲  
 Fig. II-3-2 Range of Arguments (P,T) for ANUPT(P,T)

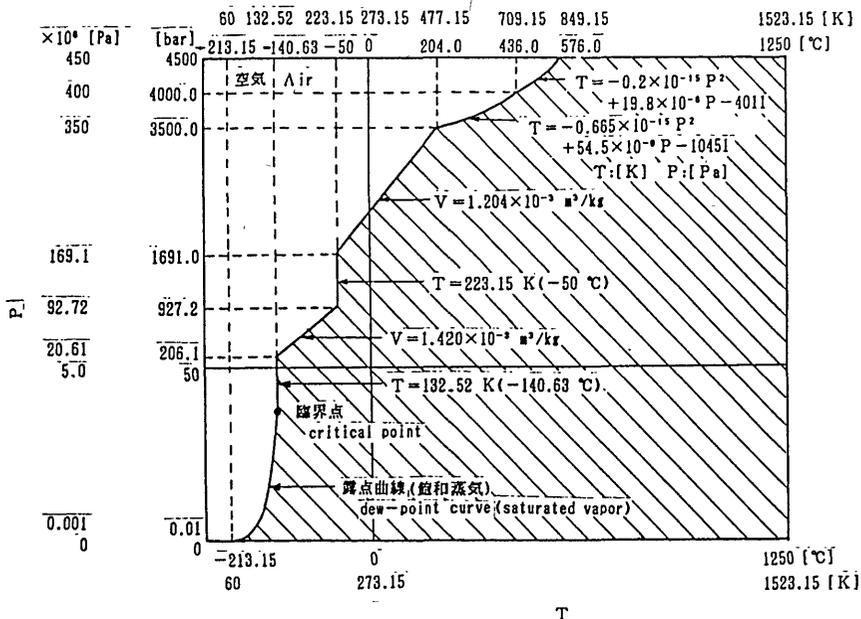


図 II-3-3 関数 CPPT(P,T), CVPT(P,T), HPT(P,T), SPT(P,T), UPT(P,T), および VPT(P,T) に対する引数 (P,T) の範囲  
 Fig. II-3-3 Range of Arguments (P,T) for CPPT(P,T), CVPT(P,T), HPT(P,T), SPT(P,T), UPT(P,T) and VPT(P,T)

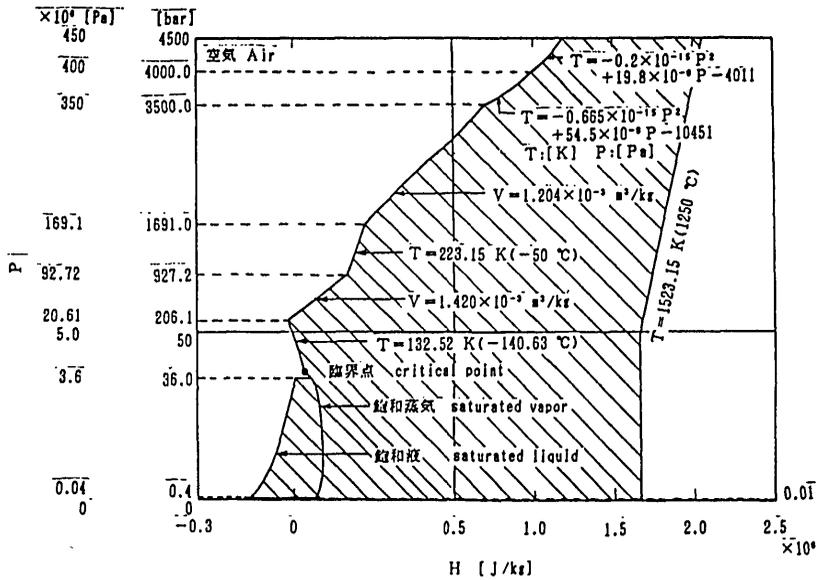


図 II-3-4 関数  $TPH(P, H)$  に対する引数  $(P, H)$  の範囲  
 Fig. II-3-4 Range of Arguments  $(P, H)$  for  $TPH(P, H)$

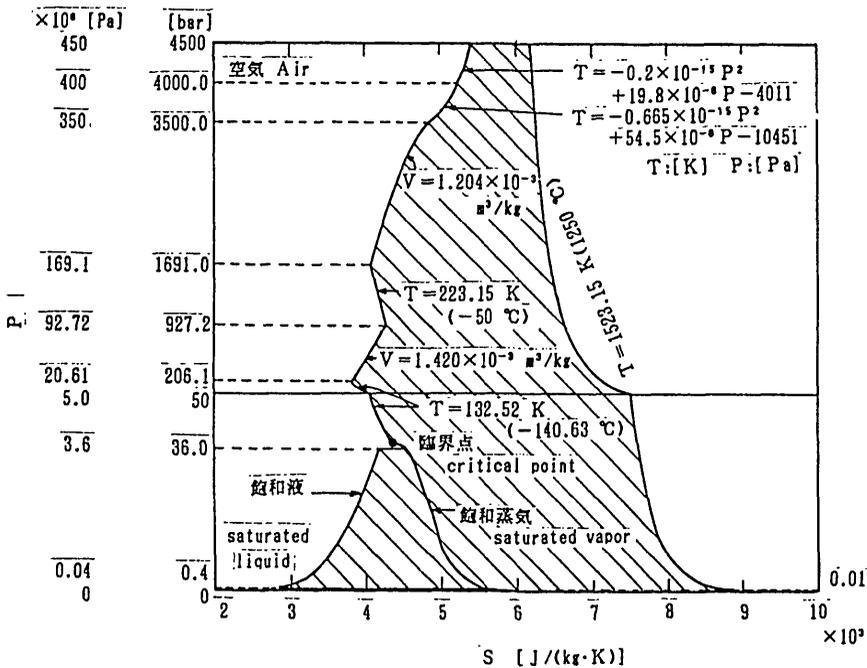


図 II-3-5 関数  $TPS(P, S)$  および  $HPS(P, S)$  に対する引数  $(P, S)$  の範囲  
 Fig. II-3-5 Range of Arguments  $(P, S)$  for  $TPS(P, S)$  and  $HPS(P, S)$

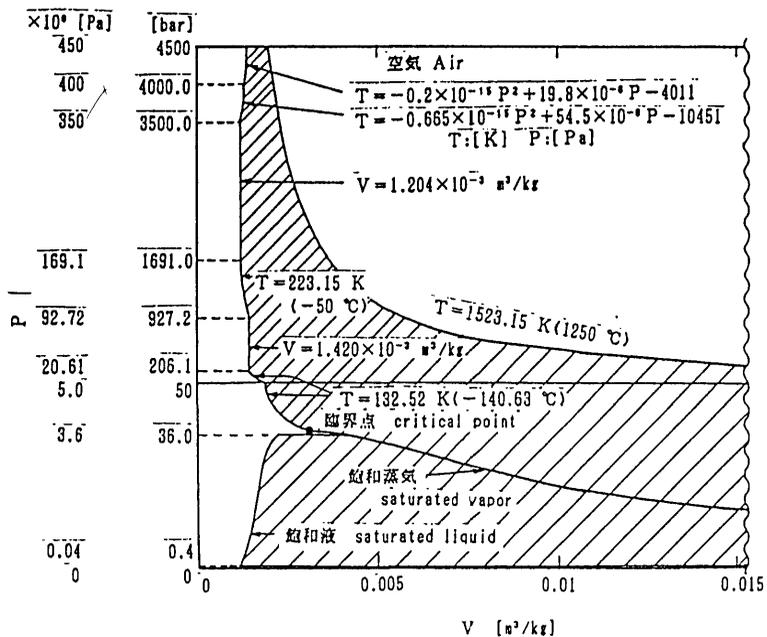


図 II-3-6 関数  $TPV(P, V)$  に対する引数  $(P, V)$  の範囲  
 Fig. II-3-6 Range of Arguments  $(P, V)$  for  $TPV(P, V)$

#### 4. 二酸化炭素

熱力学的な量の計算式としては IUPAC の二酸化炭素蒸気表(1)の式を、表面張力の計算式としては Miller ら(2)の式を、それぞれ採用した。

##### 4.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUID の値

物質名：二酸化炭素

FLUID の値： 'CARBONDIOXIDE' あるいは 'CO2' のいずれかとする。

##### 4.2 重要な定数など

分子式：CO<sub>2</sub>

分子量：44.009

気体定数：188.92 J/(kg·K)

臨界定数：臨界圧力：7.3825×10<sup>6</sup> Pa (73.825 bar)

臨界温度：304.21K (31.06°C)

臨界比体積：2.1459×10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/kg

三重点：圧力：0.5185×10<sup>6</sup> Pa (5.185 bar)

温度：216.58K (-56.57°C)

基準状態：絶対零度(-273.15°C)の完全結晶(固相)において、比エントロピが 0 J/(kg·K)、比エンタルピが 0 J/kg である。

##### 4.3 計算式

状態式：P = P(ρ, T) 形式の文献(1)の式(4)。ここに、P = 圧力、ρ = 密度、T = 温度。

蒸気圧：文献(1)の式(3)。

気液平衡線：比体積は文献(1)の式(4)および(5)から、比エントロピは密度の値と文献(1)の式(6)から、上の物性値 また比エンタルピは密度の値と文献(1)の式(8)から計算。定圧比熱は文献(1)の式(20)および(22)から計算。

融解曲線上の  
圧力と温度：文献(1)の式(2)。

その他の性質：表面張力は文献(2)の所載の相関式から計算。

- 文献
- (1) International Thermodynamic Table of the Fluid State Carbon Dioxide, IUPAC, vol. 3, (1976)
  - (2) J. W. Miller Jr. and C. L. Yaws, Chemical Engineering, vol. 83, no. 23, (1976) p. 127

表 II-4-1 二酸化炭素関数

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function

1/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2	ALAPP (P)	ALAPP: ラプラス係数 Laplace Coefficient [m] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar]	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ [Pa] $5.185 \leq P \leq 73.825$ [bar]
3	ALAPT (T)	ALAPT: ラプラス係数 Laplace Coefficient [m] T*: 温度 Temperature [K], [°C]	$216.58 \leq T \leq 304.21$ [K] $-56.57 \leq T \leq 31.06$ [°C]
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization [J/kg] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar]	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ [Pa] $5.185 \leq P \leq 73.825$ [bar]
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization [J/kg] T*: 温度 Temperature [K], [°C]	$216.58 \leq T \leq 304.21$ [K] $-56.57 \leq T \leq 31.06$ [°C]
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid [J/(kg·K)] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar]	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ [Pa] $5.185 \leq P \leq 73.825$ [bar]
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor [J/(kg·K)] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar]	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ [Pa] $5.185 \leq P \leq 73.825$ [bar]

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont'd)

2/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat [J/(kg·K)] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar] T*: 温度 Temperature [K], [°C]	$10.0 \times 10^6 \leq P < 0.5185 \times 10^6$ [Pa] $220.0 \leq T \leq 1100.0$ [K] $0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 60.0 \times 10^6$ [Pa] TMLP (P) $\leq T \leq 1100.0$ [K] $60.0 \times 10^6 < P < 100.0 \times 10^6$ [Pa] TMLP (P) $\leq T \leq 700.0$ [K] $0.1 \leq P < 5.185$ [bar] $-53.15 \leq T \leq 826.85$ [°C] $5.185 \leq P \leq 60.0$ [bar] TMLP (P) $\leq T \leq 826.85$ [°C] $60.0 < P < 100.0$ [bar] TMLP (P) $\leq T \leq 426.85$ [°C]
19	CPTD (T)	CPTD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid [J/(kg·K)] T*: 温度 Temperature [K], [°C]	$216.58 \leq T \leq 304.21$ [K] $-56.57 \leq T \leq 31.06$ [°C]
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor [J/(kg·K)] T*: 温度 Temperature [K], [°C]	$216.58 \leq T \leq 304.21$ [K] $-56.57 \leq T \leq 31.06$ [°C]
21	CRP ('A')	CRP: 臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H': $636.64 \times 10^3$ [J/kg] 比エンタルピー Specific Enthalpy P*: 'A' = 'P': $7.3825 \times 10^6$ [Pa], 73.825 [bar] 圧力 Pressure S: 'A' = 'S': $3.5579 \times 10^3$ [J/(kg·K)] 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 304.21 [K], 31.06 [°C] 温度 Temperature V: 'A' = 'V': $2.1459 \times 10^{-4}$ [m <sup>3</sup> /kg] 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22			
23	HPD (P)	HPD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid [J/kg] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar]	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ [Pa] $5.185 \leq P \leq 73.825$ [bar]
24	HPDD (P)	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor [J/kg] P*: 圧力 Pressure [Pa], [bar]	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ [Pa] $5.185 \leq P \leq 73.825$ [bar]

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d) 3/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
71	HPX (P, S)	HPX:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) S:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$10.0 \times 10^6 \leq P < 0.5185 \times 10^6$ (Pa) $SPT(P, 220.0K) \leq S \leq$ $SPT(P, 1100.0K)$ (J/(kg·K)). $0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 60.0 \times 10^6$ (Pa) $SPT(P, TMLP(P)) \leq S \leq$ $SPT(P, 1100.0K)$ (J/(kg·K)). $60.0 \times 10^6 < P < 100.0 \times 10^6$ (Pa) $SPT(P, TMLP(P)) \leq S \leq$ $SPT(P, 700.0K)$ (J/(kg·K)) $0.1 \leq P < 5.185$ (bar) $SPT(P, -53.15^\circ C) \leq S \leq$ $SPT(P, 826.85^\circ C)$ (J/(kg·K)). $5.185 \leq P \leq 600.0$ (bar) $SPT(P, TMLP(P)) \leq S \leq$ $SPT(P, 826.85^\circ C)$ (J/(kg·K)). $600.0 < P < 1000.0$ (bar) $SPT(P, TMLP(P)) \leq S \leq$ $SPT(P, 426.85^\circ C)$ (J/(kg·K))
25	HPT (P, T)	HPT:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$10.0 \times 10^6 \leq P < 0.5185 \times 10^6$ (Pa) $220.0 \leq T \leq 1100.0$ (K). $0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 60.0 \times 10^6$ (Pa) $TMLP(P) \leq T \leq 1100.0$ (K). $60.0 \times 10^6 < P < 100.0 \times 10^6$ (Pa) $TMLP(P) \leq T \leq 700.0$ (K) $0.1 \leq P < 5.185$ (bar) $-53.15 \leq T \leq 826.85$ (°C). $5.185 \leq P \leq 600.0$ (bar) $TMLP(P) \leq T \leq 826.85$ (°C). $600.0 < P < 1000.0$ (bar) $TMLP(P) \leq T \leq 426.85$ (°C)
26	HPX (P, X)	HPX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ (Pa) $5.185 \leq P \leq 73.825$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
27	HTD (T)	HTD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C)

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d) 4/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
28	HTDD (T)	HTDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C)
29	HTX (T, X)	HTX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
66			
68	PMLT (T)	PMLT*:融解曲線上の圧力 Pressure on Melting Curve (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 237.0$ (K) $-56.57 \leq T \leq -36.15$ (°C)
30	PST (T)	PST*:飽和圧力 Saturation Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C)
72			
73			
31	SIGP (P)	SIGP:表面張力 Surface Tension (N/m) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ (Pa) $5.185 \leq P \leq 73.825$ (bar)
32	SIGT (T)	SIGT:表面張力 Surface Tension (N/m) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C)
33	SPD (P)	SPD:飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ (Pa) $5.185 \leq P \leq 73.825$ (bar)
34	SPDD (P)	SPDD:飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$0.5185 \times 10^6 \leq P \leq 7.3825 \times 10^6$ (Pa) $5.185 \leq P \leq 73.825$ (bar)

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d)

5/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
35	SPT (P, T)	SPT:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$10.0 \times 10^4 \leq P < 0.5185 \times 10^6$ (Pa) $220.0 \leq T \leq 1100.0$ (K), $0.5185 \times 10^4 \leq P \leq 60.0 \times 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 1100.0$ (K), $60.0 \times 10^4 < P < 100.0 \times 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 700.0$ (K)  $0.1 \leq P < 5.185$ (bar) $-53.15 \leq T \leq 826.85$ (°C), $5.185 \leq P \leq 600.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 826.85$ (°C), $600.0 < P < 1000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 426.85$ (°C)
36	SPX (P, X)	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$0.5185 \times 10^4 \leq P \leq 7.3825 \times 10^4$ (Pa) $5.185 \leq P \leq 73.825$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
37	STD (T)	STD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C)
38	STDD (T)	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C)
39	STX (T, X)	STX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$216.58 \leq T \leq 304.21$ (K) $-56.57 \leq T \leq 31.06$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
67			
69	TMLP (P)	TMLP*: 融解曲線上の温度 Temperature on Melting Curve (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$0.5185 \times 10^4 \leq P \leq 100.0 \times 10^4$ (Pa) $5.185 \leq P \leq 1000.0$ (bar)

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d)

6/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
64	TPH (P, H)	TPH*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	$10.0 \times 10^4 \leq P < 0.5185 \times 10^6$ (Pa) HPT (P, 220.0K) $\leq H \leq$ HPT (P, 1100.0K) (J/kg), $0.5185 \times 10^4 \leq P \leq 60.0 \times 10^4$ (Pa) HPT (P, TMLP (P)) $\leq H \leq$ HPT (P, 1100.0K) (J/kg), $60.0 \times 10^4 < P < 100.0 \times 10^4$ (Pa) HPT (P, TMLP (P)) $\leq H \leq$ HPT (P, 700.0K) (J/kg)  $0.1 \leq P < 5.185$ (bar) HPT (P, -53.15°C) $\leq H \leq$ HPT (P, 826.85°C) (J/kg), $5.185 \leq P \leq 600.0$ (bar) HPT (P, TMLP (P)) $\leq H \leq$ HPT (P, 826.85°C) (J/kg), $600.0 < P < 1000.0$ (bar) HPT (P, TMLP (P)) $\leq H \leq$ HPT (P, 426.85°C) (J/kg)
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$10.0 \times 10^4 \leq P < 0.5185 \times 10^6$ (Pa) SPT (P, 220.0K) $\leq S \leq$ SPT (P, 1100.0K) (J/(kg·K)), $0.5185 \times 10^4 \leq P \leq 60.0 \times 10^4$ (Pa) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 1100.0K) (J/(kg·K)), $60.0 \times 10^4 < P < 100.0 \times 10^4$ (Pa) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 700.0K) (J/(kg·K))  $0.1 \leq P < 5.185$ (bar) SPT (P, -53.15°C) $\leq S \leq$ SPT (P, 826.85°C) (J/(kg·K)), $5.185 \leq P \leq 600.0$ (bar) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 826.85°C) (J/(kg·K)), $600.0 < P < 1000.0$ (bar) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 426.85°C) (J/(kg·K))

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d) 7/10

No.	関数の名前の Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	10.0×10 <sup>8</sup> ≤ P < 0.5185×10 <sup>8</sup> (Pa) VPT (P, 220.0K) ≤ V ≤ VPT (P, 1100.0K) (m <sup>3</sup> /kg), 0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 60.0×10 <sup>8</sup> (Pa) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 1100.0K) (m <sup>3</sup> /kg), 60.0×10 <sup>8</sup> < P < 100.0×10 <sup>8</sup> (Pa) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 700.0K) (m <sup>3</sup> /kg)  0.1 ≤ P < 5.185 (bar) VPT (P, -53.15°C) ≤ V ≤ VPT (P, 826.85°C) (m <sup>3</sup> /kg), 5.185 ≤ P ≤ 600.0 (bar) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 826.85°C) (m <sup>3</sup> /kg), 600.0 < P < 1000.0 (bar) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 426.85°C) (m <sup>3</sup> /kg)
41	TRPL ('A')	TRPL*: 三重点における値 Property at Triple Point P*: 'A' = 'P' : 0.5185×10 <sup>8</sup> (Pa), 5.185 (bar) 圧力 Pressure T*: 'A' = 'T' : 216.58 (K), -56.57 (°C) 温度 Temperature	'P', 'T' のいずれか一つ one of 'P' or 'T'
40	TSP (P)	TSP*: 飽和温度 Saturation Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>8</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar)
74			
75			
42	UPD (P)	UPD: 飽和液の比内部エネルギー* Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>8</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar)
43	UPDD (P)	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー* Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>8</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar)

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d) 8/10

No	関数の名前の Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
44	UPT (P, T)	UPT: 比内部エネルギー* Specific Internal Energy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	10.0×10 <sup>8</sup> ≤ P < 0.5185×10 <sup>8</sup> (Pa) 220.0 ≤ T ≤ 1100.0 (K), 0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 60.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1100.0 (K), 60.0×10 <sup>8</sup> < P < 100.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 700.0 (K)  0.1 ≤ P < 5.185 (bar) -53.15 ≤ T ≤ 826.85 (°C), 5.185 ≤ P ≤ 600.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 826.85 (°C), 600.0 < P < 1000.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 426.85 (°C)
45	UPX (P, X)	UPX: 湿り蒸気の比内部エネルギー* Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>8</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
46	UTD (T)	UTD: 飽和液の比内部エネルギー* Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー* Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C)
48	UTX (T, X)	UTX: 湿り蒸気の比内部エネルギー* Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
49	VPD (P)	VPD: 飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>8</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar)
50	VPDD (P)	VPDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	0.5185×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>8</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar)

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d) 9/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
51	VPT (P, T)	VPT: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	10.0×10 <sup>5</sup> ≤ P < 0.5185×10 <sup>6</sup> (Pa) 220.0 ≤ T ≤ 1100.0 (K) 0.5185×10 <sup>5</sup> ≤ P ≤ 60.0×10 <sup>5</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 1100.0 (K) 60.0×10 <sup>5</sup> < P < 100.0×10 <sup>5</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 700.0 (K)  0.1 ≤ P < 5.185 (bar) -53.15 ≤ T ≤ 826.85 (°C) 5.185 ≤ P ≤ 60.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 826.85 (°C) 60.0 < P < 100.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 426.85 (°C)
52	VPX (P, X)	VPX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	0.5185×10 <sup>5</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>5</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
53	VTD (T)	VTD: 飽和液体の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C)
54	VTDD (T)	VTDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C)
55	VTX (T, X)	VTX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
56	XPH (P, H)	XPH: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (bar) (Pa), H: 湿り蒸気比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	0.5185×10 <sup>5</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>5</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	0.5185×10 <sup>5</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>5</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))

表 II-4-1 二酸化炭素関数 (つづき)

Table II-4-1 Carbon Dioxide Function (cont' d) 10/10

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
58	XPU (P, U)	XPU: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	0.5185×10 <sup>5</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>5</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)
59	XPV (P, V)	XPV: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	0.5185×10 <sup>5</sup> ≤ P ≤ 7.3825×10 <sup>5</sup> (Pa) 5.185 ≤ P ≤ 73.825 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C) HTD (T) ≤ H ≤ HTDD (T) (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C) STD (T) ≤ S ≤ STDD (T) (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C) UTD (T) ≤ U ≤ UTDD (T) (J/kg)
63	XTV (T, V)	XTV: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	216.58 ≤ T ≤ 304.21 (K) -56.57 ≤ T ≤ 31.06 (°C) VTD (T) ≤ V ≤ VTDD (T) (m <sup>3</sup> /kg)

## 5. 水

すべての式は1980SI日本機械学会蒸気表(1)によっている。

水の熱力学的関数の基本的なプログラムは、カード・デッキで提供されたSTMTL(2)を基礎にしている。熱力学的関数の呼び方などはPROPATHの一般仕様に合致するように変更されているが、STMTLとPROPATHの水関数のうちの熱力学的関数は本質的に同じである。ソフトウェアを提供した北海道大学大型計算機センターおよび同学谷口博氏に感謝する。

## 5.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数FLUIDの値

物質名：水，軽水

FLUIDの値：'WATER'あるいは'H2O'のいずれかとする。

## 5.2 重要な定数など

分子式： $H_2O$

分子量：18.0153

気体定数： $461.51 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

臨界定数：臨界圧力： $22.12 \times 10^6 \text{ Pa}$  (221.2 bar)

臨界温度： $647.30 \text{ K}$  (374.15°C)

臨界比体積： $3.17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

三重点：圧力： $611.2 \text{ Pa}$  ( $6.112 \times 10^{-3} \text{ bar}$ )

温度： $273.16 \text{ K}$  (0.01°C)

基準状態：三重点における飽和液の比エントロピが $0 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，比自由エネルギー(ヘルムホルツの自由エネルギー)が $0 \text{ J}/\text{kg}$ である。

## 5.3 計算式

状態式： $g = g(P, T)$ および $f = f(v, T)$ 形式。ここに、 $g$  = 比自由エンタルピ， $f$  = 比自由エネルギー， $P$  = 圧力， $T$  = 温度， $v$  = 比体積，文献(1)の第3章の3.1節の6つの部分領域の式から計算。

蒸気圧：文献(1)の第3章の3.1節5.のK関数の式から計算。

気液平衡線：比体積，比エンタルピおよび比エントロピは文献(1)の第3章の3.1節の4の4.5および4.6の誘導関数より計算。定圧比熱は文献(1)の第3章の3.2節の4つの部分領域の式より計算。

輸送的性質：粘性係数は文献(1)の第3章の3.3節の国際補間式を，熱伝導率は文献(1)の第3章の3.4節の国際補間式を用いて計算。

その他の性質：表面張力は文献(1)の第3章の3.5節の国際補間式を，静的誘電率は文献(1)の第3章の3.6節の国際補間式を，イオン積は文献(1)の第3章の3.7節の国際補間式を用いて計算。

文献 (1) 日本機械学会，1980 SI 日本機械学会蒸気表，(昭和56年)

(2) 谷口，大出，1968年機械学会蒸気表プログラム，北海道大学大型計算機センターライブラリー開発報告集(2)，p.26 (1981)

表 II-5-1 水関数

Table II-5-1 Water Function

1/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1	AIPTT (P, T)	AIPTT:イオン積 Ion Product (mol/kg <sup>2</sup> ) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 273. 15 ≤ T ≤ 1073. 15 (K)  6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 1000. 0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800. 0 (°C)
2	ALAPP (P)	ALAPP: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
3	ALAPT (T)	ALAPT: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
6	ALMPD (P)	ALMPD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
7	ALMPDD (P)	ALMPDD: 飽和蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Vapor (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
8	ALMPT (P, T)	ALMPT: 熱伝導率 Thermal Conductivity (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 273. 15 ≤ T ≤ 1073. 15 (K)  6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 1000. 0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800. 0 (°C)
9	ALMTD (T)	ALMTD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
10	ALMTDD (T)	ALMTDD: 飽和蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Vapor (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont' d)

2/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
11	AMUPD (P)	AMUPD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
12	AMUPDD (P)	AMUPDD: 飽和蒸気の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Vapor (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 273. 15 ≤ T ≤ 1073. 15 (K)  6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 1000. 0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800. 0 (°C)
14	AMUTD (T)	AMUTD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
15	AMUTDD (T)	AMUTDD: 飽和蒸気の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Vapor (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 273. 15 ≤ T ≤ 1073. 15 (K)  6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 1000. 0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800. 0 (°C)
19	CPTD (T)	CPTD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont'd)

3/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
21	CRP ('A')	CRP:臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H' : $2.1074 \times 10^8$ (J/kg) 比エンタルピー Specific Enthalpy P*: 'A' = 'P' : $22.12 \times 10^6$ (Pa), 221.2 (bar) 圧力 Pressure S: 'A' = 'S' : $4.4429 \times 10^3$ (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T' : 647.3 (K), 374.15 (°C) 温度 Temperature V: 'A' = 'V' : $3.17 \times 10^{-4}$ (m <sup>3</sup> /kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22	EPSPT (P, T)	EPSPT: 静的誘電率 Static Dielectric Constant (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$611.2 \leq P \leq 100.0 \times 10^6$ (Pa) $273.15 \leq T \leq 1073.15$ (K) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 1000.0$ (bar) $0 \leq T \leq 800.0$ (°C)
23	HPD (P)	HPD: 飽和液体の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$611.2 \leq P \leq 22.12 \times 10^6$ (Pa) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 221.2$ (bar)
24	HPDD (P)	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$611.2 \leq P \leq 22.12 \times 10^6$ (Pa) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 221.2$ (bar)
71	HPS (P, S)	HPS: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$611.2 \leq P \leq 100.0 \times 10^6$ (Pa) SPT (P, 273.16K) $\leq S \leq$ SPT (P, 1073.15K) (J/(kg·K)) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 1000.0$ (bar) SPT (P, 0.01°C) $\leq S \leq$ SPT (P, 800.0°C) (J/(kg·K))
25	HPT (P, T)	HPT: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$611.2 \leq P \leq 100.0 \times 10^6$ (Pa) $273.15 \leq T \leq 1073.15$ (K) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 1000.0$ (bar) $0 \leq T \leq 800.0$ (°C)

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont'd)

4/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
26	HPX (P, X)	HPX: 液相蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$611.2 \leq P \leq 22.12 \times 10^6$ (Pa) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 221.2$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
27	HTD (T)	HTD: 飽和液体の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$273.15 \leq T \leq 647.3$ (K) $0 \leq T \leq 374.15$ (°C)
28	HTDD (T)	HTDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$273.15 \leq T \leq 647.3$ (K) $0 \leq T \leq 374.15$ (°C)
29	HTX (T, X)	HTX: 液相蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$273.15 \leq T \leq 647.3$ (K) $0 \leq T \leq 374.15$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
66			
68			
30	PST (T)	PST*: 飽和圧力 Saturation Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$273.15 \leq T \leq 647.3$ (K) $0 \leq T \leq 374.15$ (°C)
72			
73			
31	SIGP (P)	SIGP: 表面張力 Surface Tension (N/m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$611.2 \leq P \leq 22.12 \times 10^6$ (Pa) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 221.2$ (bar)
32	SIGT (T)	SIGT: 表面張力 Surface Tension (N/m) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$273.15 \leq T \leq 647.3$ (K) $0 \leq T \leq 374.15$ (°C)
33	SPD (P)	SPD: 飽和液体の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$611.2 \leq P \leq 22.12 \times 10^6$ (Pa) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 221.2$ (bar)
34	SPDD (P)	SPDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$611.2 \leq P \leq 22.12 \times 10^6$ (Pa) $6.112 \times 10^{-3} \leq P \leq 221.2$ (bar)

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont'd)

5/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
35	SPT (P, T)	SPT:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 273. 15 ≤ T ≤ 1073. 15 (K) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800. 0 (°C)
36	SPX (P, X)	SPX:湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
37	STD (T)	STD:飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
38	STDD (T)	STDD:飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)
39	STX (T, X)	STX:湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
67			
69			
64	TPH (P, H)	TPH*:温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) HPT (P, 273. 15K) ≤ H ≤ HPT (P, 1073. 15K) (J/kg) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) HPT (P, 0. 01°C) ≤ H ≤ HPT (P, 800. 0°C) (J/kg)
65	TPS (P, S)	TPS*:温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) SPT (P, 273. 16K) ≤ S ≤ SPT (P, 1073. 15K) (J/(kg·K)) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) SPT (P, 0. 01°C) ≤ S ≤ SPT (P, 800. 0°C) (J/(kg·K))

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont'd)

6/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
70	TPV (P, V)	TPV*:温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V:比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) VPT (P, 273. 16K) ≤ V ≤ VPT (P, 1073. 15K) (m <sup>3</sup> /kg) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) VPT (P, 0. 01°C) ≤ V ≤ VPT (P, 800. 0°C) (m <sup>3</sup> /kg)
41	TRPL ('A')	TRPL*:三重点における値 Property at Triple Point P*: 'A' = 'P': 611. 20 (Pa), 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> (bar) 圧力 Pressure T*: 'A' = 'T': 273. 16 (K), 0. 01 (°C) 温度 Temperature	'P', 'T' のいずれか一つ one of 'P' or 'T'
40	TSP (P)	TSP*:飽和温度 Saturation Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
74			
75			
42	UPD (P)	UPD:飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
43	UPDD (P)	UPDD:飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar)
44	UPT (P, T)	UPT:比内部エネルギー Specific Internal Energy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	611. 2 ≤ P ≤ 100. 0 × 10 <sup>6</sup> (Pa), 273. 15 ≤ T ≤ 1073. 15 (K) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800. 0 (°C)
45	UPX (P, X)	UPX:湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	611. 2 ≤ P ≤ 22. 12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6. 112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221. 2 (bar) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
46	UTD (T)	UTD:飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273. 15 ≤ T ≤ 647. 3 (K) 0 ≤ T ≤ 374. 15 (°C)

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont'd)

7/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C)
48	UTX (T, X)	UTX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
49	VPD (P)	VPD: 飽和液体の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar)
50	VPDD (P)	VPDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar)
51	VPT (P, T)	VPT: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	611.2 ≤ P ≤ 100.0 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 273.15 ≤ T ≤ 1073.15 (K) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 1000.0 (bar) 0 ≤ T ≤ 800.0 (°C)
52	VPX (P, X)	VPX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
53	VTD (T)	VTD: 飽和液体の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C)
54	VTDD (T)	VTDD: 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C)
55	VTX (T, X)	VTX: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)

表 II-5-1 水関数 (つづき)

Table II-5-1 Water Function (cont'd)

8/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
56	XPH (P, H)	XPH: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))
58	XPU (P, U)	XPU: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)
59	XPV (P, V)	XPV: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	611.2 ≤ P ≤ 22.12 × 10 <sup>6</sup> (Pa) 6.112 × 10 <sup>-4</sup> ≤ P ≤ 221.2 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C) HTD (T) ≤ H ≤ HTDD (T) (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C) STD (T) ≤ S ≤ STDD (T) (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C) UTD (T) ≤ U ≤ UTDD (T) (J/kg)
63	XTV (T, V)	XTV: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	273.15 ≤ T ≤ 647.3 (K) 0 ≤ T ≤ 374.15 (°C) VTD (T) ≤ V ≤ VTDD (T) (m <sup>3</sup> /kg)

## 6. メタン

熱力学的な量の計算式としては IUPAC のメタン蒸気表(1)の式を, 粘性係数の計算式としては Makita ら(2)の式を, それぞれ採用した.

### 6.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUID の値

物質名: メタン

FLUID の値: 'METHANE' あるいは 'CH<sub>4</sub>' のいずれかとする.

### 6.2 重要な定数など

分子式: CH<sub>4</sub>

分子量: 16.043

気体定数: 518.25 J/(kg·K)

臨界定数: 臨界圧力:  $4.595 \times 10^6$  Pa (45.95 bar)

臨界温度: 190.555 K (-82.595°C)

臨界比体積:  $6.1656 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/kg

三重重点: 圧力:  $0.011719 \times 10^6$  Pa (0.11719 bar)

温度: 90.68 K (-182.47°C)

基準状態: 1.01325 bar (1 atm), 25°C (298.15 K) において, 理想気体の比エントロピが 0 J/(kg·K), 比エンタルピが 0 J/kg である.

### 6.3 計算式

状態式:  $P = P(\rho, T)$  形式の文献(1)の式(24). ここに,  $P$  = 圧力,  $\rho$  = 密度,  $T$  = 温度, 文献(1)の表 G の  $N_{32}$  は  $-0.00057222052999$  を  $+0.00057222052999$  と訂正した.

蒸気圧: 文献(1)の式(50).

気液平衡線: 比体積は文献(1)の式(24)から, 比エントロピは密度の値と文献(1)の式(27)から, また比エンタルピは密度の値と文献(1)の式(36)から計算. 定圧比熱は文献(1)の式(43)から計算. ただし, 文献(1)の表 J において  $f_8$  の値は  $0.269386063023 \times 10$  を  $-0.145719286035 \times 10^{-10}$  に訂正した. また式(43)の  $C_p(\rho, T) = C_p^{id}(T) - R + R \left[ \sum_{i=1}^{32} Ni(XC)_i \right]_0^W$  は  $C_p(\rho, T) = C_p^{id}(T) - R - R \left[ \sum_{i=1}^{32} Ni(XC)_i \right]_0^W$  に訂正した.

融解曲線上の

圧力と温度: 文献(1)の式(52).

輸送的性質: 粘性係数は文献(2)の式(5)から計算.

文献 (1) S. Angus and K. M. de Reuck, International Thermodynamic Table of the Fluid State - 5 Methane, IUPAC, vol. 5, (1976)

(2) T. Makita, T. Tanaka and A. Nagashima, Review of Physical Chemistry of Japan, vol. 43, no. 1, (1973), p. 58

表 II-6-1 メタン関数

Table II-6-1 Methane Function

1/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2			
3			
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	11.719×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.595×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 45.95 (bar)
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C)
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	100.0×10 <sup>-8</sup> ≤ P ≤ 16.0×10 <sup>-8</sup> (Pa) 275.0 ≤ T ≤ 475.0 (K) 16.0×10 <sup>-8</sup> < P ≤ 35.0×10 <sup>-8</sup> (Pa) 300.0 ≤ T ≤ 475.0 (K) 35.0×10 <sup>-8</sup> < P ≤ 50.0×10 <sup>-8</sup> (Pa) 300.0 ≤ T ≤ 425.0 (K)  1.0 ≤ P ≤ 160.0 (bar) 1.85 ≤ T ≤ 201.85 (°C) 160.0 < P ≤ 350.0 (bar) 26.85 ≤ T ≤ 201.85 (°C) 350.0 < P ≤ 500.0 (bar) 26.85 ≤ T ≤ 151.85 (°C)
14			

表 II-6-1 メタン関数 (つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont'd)

2/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
15			
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	11.719×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.595×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 45.95 (bar)
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	11.719×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.595×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 45.95 (bar)
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	11.719×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 45.0×10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 620.0 (K) 45.0×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>8</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 470.0 (K)  0.11719 ≤ P < 450.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 346.85 (°C) 450.0 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 196.85 (°C)
19	CPTD (T)	CPTD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C)
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C)
21	CRP ('A')	CRP: 臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H': -492.05×10 <sup>8</sup> (J/kg) 比エンタルピー Specific Enthalpy P*: 'A' = 'P': 4.595×10 <sup>8</sup> (Pa), 45.95 (bar) 圧力 Pressure S: 'A' = 'S': -4.092×10 <sup>8</sup> (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 190.555 (K), -82.595 (°C) 温度 Temperature V: 'A' = 'V': 6.1656×10 <sup>-8</sup> (m <sup>3</sup> /kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22			

表 II-6-1 メタン関数(つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont' d)

3/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
23	HPD (P)	HPD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$11.719 \times 10^4 \leq P \leq 4.595 \times 10^6$ (Pa) $0.11719 \leq P \leq 45.95$ (bar)
24	HPDD (P)	HPDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$11.719 \times 10^4 \leq P \leq 4.595 \times 10^6$ (Pa) $0.11719 \leq P \leq 45.95$ (bar)
71	HPS (P, S)	HPS:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) S:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$11.719 \times 10^4 \leq P < 45.0 \times 10^4$ (Pa) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 620.0K) (J/(kg·K)), $45.0 \times 10^4 \leq P \leq 10^6$ (Pa) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 470.0K) (J/(kg·K)),  $0.11719 \leq P < 450.0$ (bar) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 346.85°C) (J/(kg·K)), $450.0 \leq P \leq 10000.0$ (bar) SPT (P, TMLP (P)) $\leq S \leq$ SPT (P, 196.85°C) (J/(kg·K))
25	HPT (P, T)	HPT:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$11.719 \times 10^4 \leq P < 45.0 \times 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 620.0$ (K), $45.0 \times 10^4 \leq P \leq 10^6$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 470.0$ (K)  $0.11719 \leq P < 450.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 346.85$ (°C), $450.0 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 196.85$ (°C)
26	HPX (P, X)	HPX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	$11.719 \times 10^4 \leq P \leq 4.595 \times 10^6$ (Pa) $0.11719 \leq P \leq 45.95$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
27	HTD (T)	HTD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$90.68 \leq T \leq 190.555$ (K) $-182.47 \leq T \leq -82.595$ (°C)

表 II-6-1 メタン関数(つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont' d)

4/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
28	HTDD (T)	HTDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$90.68 \leq T \leq 190.555$ (K) $-182.47 \leq T \leq -82.595$ (°C)
29	HTX (T, X)	HTX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	$90.68 \leq T \leq 190.555$ (K) $-182.47 \leq T \leq -82.595$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
66			
68	PMLT (T)	PMLT*:融解曲線上の圧力 Pressure on Melting Curve (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$90.68 \leq T \leq 260.0$ (K) $-182.47 \leq T \leq -13.15$ (°C)
30	PST (T)	PST*:飽和圧力 Saturation Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$90.68 \leq T \leq 190.555$ (K) $-182.47 \leq T \leq -82.595$ (°C)
72			
73			
31			
32			
33	SPD (P)	SPD:飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$11.719 \times 10^4 \leq P \leq 4.595 \times 10^6$ (Pa) $0.11719 \leq P \leq 45.95$ (bar)
34	SPDD (P)	SPDD:飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	$11.719 \times 10^4 \leq P \leq 4.595 \times 10^6$ (Pa) $0.11719 \leq P \leq 45.95$ (bar)
35	SPT (P, T)	SPT:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	$11.719 \times 10^4 \leq P < 45.0 \times 10^4$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 620.0$ (K), $45.0 \times 10^4 \leq P \leq 10^6$ (Pa) TMLP (P) $\leq T \leq 470.0$ (K)  $0.11719 \leq P < 450.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 346.85$ (°C), $450.0 \leq P \leq 10000.0$ (bar) TMLP (P) $\leq T \leq 196.85$ (°C)

表 II-6-1 メタン関数 (つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont' d)

5/9

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
36	SPX (P, X)	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	11.719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4.595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 45.95 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
37	STD (T)	STD: 飽和液体の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C)
38	STDD (T)	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C)
39	STX (T, X)	STX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
67			
69	TMLP (P)	TMLP*: 融解曲線上の温度 Temperature on Melting Curve (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	11.719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 10000.0 (bar)
64	TPH (P, H)	TPH*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	11.719×10 <sup>6</sup> ≤ P < 45.0×10 <sup>6</sup> (Pa) HPT (P, TMLP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 620.0K) (J/kg), 45.0×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) HPT (P, TMLP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 470.0K) (J/kg)  0.11719 ≤ P < 450.0 (bar) HPT (P, TMLP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 346.85°C) (J/kg), 450.0 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) HPT (P, TMLP (P)) ≤ H ≤ HPT (P, 196.85°C) (J/kg)

表 II-6-1 メタン関数 (つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont' d)

6/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	11.719×10 <sup>6</sup> ≤ P < 45.0×10 <sup>6</sup> (Pa) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 620.0K) (J/(kg·K)), 45.0×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 470.0K) (J/(kg·K))  0.11719 ≤ P < 450.0 (bar) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 346.85°C) (J/(kg·K)), 450.0 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) SPT (P, TMLP (P)) ≤ S ≤ SPT (P, 196.85°C) (J/(kg·K))
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	11.719×10 <sup>6</sup> ≤ P < 45.0×10 <sup>6</sup> (Pa) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 620.0K) (m <sup>3</sup> /kg), 45.0×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 470.0K) (m <sup>3</sup> /kg)  0.11719 ≤ P < 450.0 (bar) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 346.85°C) (m <sup>3</sup> /kg), 450.0 ≤ P ≤ 10000.0 (bar) VPT (P, TMLP (P)) ≤ V ≤ VPT (P, 196.85°C) (m <sup>3</sup> /kg)
41	TRPL ('A')	TRPL*: 三重点における値 Property at Triple Point P*: 'A' = 'P': 11.719×10 <sup>6</sup> (Pa), 0.11719 (bar) 圧力 Pressure T*: 'A' = 'T': 90.68 (K), -182.47 (°C) 温度 Temperature	'P', 'T' のいずれか一つ one of 'P' or 'T'
40	TSP (P)	TSP*: 飽和温度 Saturation Temperature (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	11.719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4.595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 45.95 (bar)
74			
75			

表 II-6-1 メタン関数(つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont'd)

7/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
42	UPD (P)	UPD:飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar)
43	UPDD (P)	UPDD:飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar)
44	UPT (P, T)	UPT:比内部エネルギー Specific Internal Energy (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P < 45. 0×10 <sup>6</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 620. 0 (K), 45. 0×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 470. 0 (K)  0. 11719 ≤ P < 450. 0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 346. 85 (°C), 450. 0 ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 196. 85 (°C)
45	UPX (P, X)	UPX:湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
46	UTD (T)	UTD:飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	90. 68 ≤ T ≤ 190. 555 (K) -182. 47 ≤ T ≤ -82. 595 (°C)
47	UTDD (T)	UTDD:飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	90. 68 ≤ T ≤ 190. 555 (K) -182. 47 ≤ T ≤ -82. 595 (°C)
48	UTX (T, X)	UTX:湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	90. 68 ≤ T ≤ 190. 555 (K) -182. 47 ≤ T ≤ -82. 595 (°C) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
49	VPD (P)	VPD:飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar)
50	VPDD (P)	VPDD:飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar)

表 II-6-1 メタン関数(つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont'd)

8/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
51	VPT (P, T)	VPT:比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) T*:温度 Temperature (K), (°C)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P < 45. 0×10 <sup>6</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 620. 0 (K), 45. 0×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 10 <sup>6</sup> (Pa) TMLP (P) ≤ T ≤ 470. 0 (K)  0. 11719 ≤ P < 450. 0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 346. 85 (°C), 450. 0 ≤ P ≤ 10000. 0 (bar) TMLP (P) ≤ T ≤ 196. 85 (°C)
52	VPX (P, X)	VPX:湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
53	VTD (T)	VTD:飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	90. 68 ≤ T ≤ 190. 555 (K) -182. 47 ≤ T ≤ -82. 595 (°C)
54	VTDD (T)	VTDD:飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*:温度 Temperature (K), (°C)	90. 68 ≤ T ≤ 190. 555 (K) -182. 47 ≤ T ≤ -82. 595 (°C)
55	VTX (T, X)	VTX:湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*:温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	90. 68 ≤ T ≤ 190. 555 (K) -182. 47 ≤ T ≤ -82. 595 (°C) 0 ≤ X ≤ 1. 0 (-)
56	XPH (P, H)	XPH:乾き度 Dryness Fraction (-) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) H:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS:乾き度 Dryness Fraction (-) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) S:湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))
58	XPU (P, U)	XPU:乾き度 Dryness Fraction (-) P*:圧力 Pressure (Pa), (bar) U:湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	11. 719×10 <sup>6</sup> ≤ P ≤ 4. 595×10 <sup>6</sup> (Pa) 0. 11719 ≤ P ≤ 45. 95 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)

表 II-6-1 メタン関数 (つづき)

Table II-6-1 Methane Function (cont' d)

9/9

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
59	XPV (P, V)	XPV: 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	11.719×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.595×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.11719 ≤ P ≤ 45.95 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C) HTD (T) ≤ H ≤ HTDD (T) (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C) STD (T) ≤ S ≤ STDD (T) (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C) UTD (T) ≤ U ≤ UTDD (T) (J/kg)
63	XTV (T, V)	XTV: 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	90.68 ≤ T ≤ 190.555 (K) -182.47 ≤ T ≤ -82.595 (°C) VTD (T) ≤ V ≤ VTDD (T) (m <sup>3</sup> /kg)

## 研究開発

### 7. フロン12

すべてのフロン12関数の計算式は、日本冷凍協会の冷媒熱物性値表(R12蒸気表)(1)によっている。

#### 7.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUIDの値

物質名：R12，冷媒12，フレオン12，ジクロロジフルオロメタン

FLUIDの値：'R12'，'FREON12'あるいは'CCL2F2'のいずれかとする。

#### 7.2 重要な定数など

分子式： $\text{CCl}_2\text{F}_2$

分子量：120.9138

気体定数：68.7625 J/(kg·K)

臨界定数：臨界圧力： $4.125 \times 10^6$  Pa (4.125 bar)

臨界温度：384.95K (111.80°C)

臨界比体積： $1.7921 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/kg

基準状態：0°Cにおける飽和液の比エントロピーが1.0000kcal(thermochemical)/(kg·K)，すなわち4184.0J/(kg·K)，比エンタルピーの値を100.00kcal(thermochemical)/kg，すなわち0.4184×10<sup>6</sup>J/kgとする。

#### 7.3 計算式

状態式： $Z = Z(\rho, T)$ 形式。ここに、 $Z =$ 圧縮係数， $\rho =$ 密度， $T =$ 温度，文献(1)の式(Ⅱ・2・1)を使用するが、温度目盛として IPTS-1948 が使用してあるため、これを IPTS-1968 へ換算して計算。

蒸気圧：文献(1)の式(Ⅱ・2・16)。

気液平衡線：比体積は文献(1)の式(Ⅱ・2・3)，比エンタルピーは文献(1)の式(Ⅱ・2・9)，上の物性値比エントロピーは文献(1)の式(Ⅱ・2・15)，定圧比熱は文献(1)の式(Ⅱ・2・17) (右辺第3項の係数 $-2.1953 \times 10^{-6}$ は $-2.1593 \times 10^{-6}$ と訂正した)により計算。飽和蒸気線上の比体積は文献(1)の式(Ⅱ・2・16)と式(Ⅱ・2・1)，比エンタルピーは文献(1)の式(Ⅱ・2・16)と式(Ⅱ・2・6)，比エントロピーは文献(1)の式(Ⅱ・2・16)と(Ⅱ・2・12)，定圧比熱は文献(1)の式(Ⅱ・2・16)と式(Ⅱ・2・21)により計算。

輸送的性質：飽和液の熱伝導率は文献(1)の式(Ⅱ・3・8)，粘性係数は文献(1)の式(Ⅱ・3・1) (右辺を $21.08203 - 2.450974 \times 10^4/T + 9.430266 \times 10^6/T^2 - 1.549714 \times 10^9/T^3 + 9.433612 \times 10^{10}/T^4$ と訂正)により計算。また、常圧蒸気の熱伝導率は文献(1)の式(Ⅱ・3・10)，過熱蒸気の粘性係数は文献(1)の式(Ⅱ・3・3)により計算。

その他の性質：表面張力は文献(1)の式(Ⅱ・2・37)により計算。

文献 (1) 日本冷凍協会，冷媒熱物性値表(R12蒸気表)(昭和56年)

表 II-7-1 R12関数

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function

1/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2	ALAPP (P)	ALAPP: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$22.59 \times 10^6 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.2259 \leq P \leq 4.02$ (bar)
3	ALAPT (T)	ALAPT: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$213.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-60.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^4 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
6	ALMPD (P)	ALMPD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (333.15K) (Pa) ( $\sim 1.17 \times 10^6$ ) ( $\sim 1.52 \times 10^6$ ) PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (60.0°C) (bar) ( $\sim 0.0117$ ) ( $\sim 15.2$ )
7			
8	ALMPT (P, T)	ALMPT: 常圧における液体の熱伝導率 Thermal Conductivity at Room Pressure (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	P-ダミー dummy $253.15 \leq T \leq 363.15$ (K) $-20.0 \leq T \leq 90.0$ (°C)
9	ALMTD (T)	ALMTD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 333.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 60.0$ (°C)
10			
11	AMUPD (P)	AMUPD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (203.15K) $\leq P \leq$ PST (311.15K) (Pa) ( $\sim 12.2 \times 10^4$ ) ( $\sim 0.913 \times 10^4$ ) PST (-70.0°C) $\leq P \leq$ PST (38.0°C) (bar) ( $\sim 0.122$ ) ( $\sim 9.13$ )

表 II-7-1 R12関数 (つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont'd)

2/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
12			
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$100.0 \times 10^4 \leq P \leq 4.0 \times 10^6$ (Pa) $298.15 \leq T \leq 398.15$ (K) $1.0 \leq P \leq 40.0$ (bar) $25.0 \leq T \leq 125.0$ (°C)
14	AMUTD (T)	AMUTD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$203.15 \leq T \leq 311.15$ (K) $-70.0 \leq T \leq 38.0$ (°C)
15			
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (363.15K) (Pa) ( $\sim 1.17 \times 10^6$ ) ( $\sim 2.77 \times 10^6$ ) PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (90.0°C) (bar) ( $\sim 0.0117$ ) ( $\sim 27.7$ )
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (363.15K) (Pa) ( $\sim 1.17 \times 10^6$ ) ( $\sim 2.77 \times 10^6$ ) PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (90.0°C) (bar) ( $\sim 0.0117$ ) ( $\sim 27.7$ )
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^4 \leq P \leq 8.0 \times 10^4$ (Pa) $183.15 \leq T \leq 473.15$ (K) $0.02 \leq P \leq 80.0$ (bar) $-90.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図II-7-1参照 see Fig. II-7-1
19	CPTD (T)	CPTD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 363.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 90.0$ (°C)
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 363.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 90.0$ (°C)

表 II-7-1 R12関数(つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont'd)

3/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
21	CRP ('A')	CRP:臨界点における値 Critical Parameter H: 'A' = 'H': $0.56681 \times 10^8$ (J/kg) 比エンタルピー Specific Enthalpy P*: 'A' = 'P': $4.125 \times 10^6$ (Pa), 41.25 (bar) 圧力 Pressure S: 'A' = 'S': $4.6140 \times 10^3$ (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 384.95 (K), 111.80 (°C) 温度 Temperature V: 'A' = 'V': $1.7921 \times 10^{-3}$ (m <sup>3</sup> /kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22			
23	HPD (P)	HPD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^6 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
24	HPDD (P)	HPDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^6 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
71	HPS (P, S)	HPS:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$1.2 \times 10^6 \leq P \leq 8.0 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 80.0$ (bar) Sに関しては図II-7-3参照 see Fig II-7-3 for S
25	HPT (P, T)	HPT:比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^6 \leq P \leq 8.0 \times 10^6$ (Pa) 183.15 $\leq T \leq$ 473.15 (K)  $0.02 \leq P \leq 80.0$ (bar) $-90.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図II-7-1参照 see Fig. II-7-1
26	HPX (P, X)	HPX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	$1.2 \times 10^6 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
27	HTD (T)	HTD:飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 $\leq T \leq$ 383.15 (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)

表 II-7-1 R12関数(つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont'd)

4/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
28	HTDD (T)	HTDD:飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 $\leq T \leq$ 383.15 (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
29	HTX (T, X)	HTX:湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X:乾き度 Dryness Fraction (-)	173.15 $\leq T \leq$ 383.15 (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
66			
68			
30	PST (T)	PST*:飽和圧力 Saturation Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 $\leq T \leq$ 384.95 (K) $-100.0 \leq T \leq 111.8$ (°C)
72			
73			
31	SIGP (P)	SIGP:表面張力 Surface Tension (N/m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (213.15K) $\leq P \leq 4.125 \times 10^6$ (Pa) ( $\approx 22.59 \times 10^3$ ) PST ( $-60.0$ ) $\leq P \leq 41.25$ (bar) ( $\approx 0.2259$ )
32	SIGT (T)	SIGT:表面張力 Surface Tension (N/m) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	213.15 $\leq T \leq$ 384.95 (K) $-60.0 \leq T \leq 111.8$ (°C)
33	SPD (P)	SPD:飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^6 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
34	SPDD (P)	SPDD:飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^6 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
35	SPT (P, T)	SPT:比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^6 \leq P \leq 8.0 \times 10^6$ (Pa) 183.15 $\leq T \leq$ 473.15 (K)  $0.02 \leq P \leq 80.0$ (bar) $-90.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図II-7-1参照 see Fig II-7-1

表 II-7-1 R12 関数 (つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont'd)

5/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
36	SPX (P, X)	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 4.02 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
37	STD (T)	STD: 飽和液体の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
38	STDD (T)	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
39	STX (T, X)	STX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
67			
69			
64	TPH (P, H)	TPH*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 8.0 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 80.0$ (bar) H に関しては図 II-7-2 参照 see Fig. II-7-2 for H
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 8.0 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 80.0$ (bar) S に関しては図 II-7-3 参照 see Fig. II-7-3 for S
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 4.125 \times 10^8$ (Pa) VPD (P) $\leq V \leq$ VPT (P, 473.15K) (m <sup>3</sup> /kg), $4.125 \times 10^8 < P \leq 8.0 \times 10^8$ (Pa) $0.0017921 \leq V \leq$ VPT (P, 473.15K) (m <sup>3</sup> /kg)  $0.012 \leq P \leq 41.25$ (bar) VPD (P) $\leq V \leq$ VPT (P, 200.0°C) (m <sup>3</sup> /kg), $41.25 < P \leq 80.0$ (bar) $0.0017921 \leq V \leq$ VPT (P, 200.0°C) (m <sup>3</sup> /kg)

表 II-7-1 R12 関数 (つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont'd)

6/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
41			
40	TSP (P)	TSP*: 飽和温度 Saturation Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 4.125 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 41.25$ (bar)
74			
75			
42	UPD (P)	UPD: 飽和液体の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 4.02 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
43	UPDD (P)	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 4.02 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
44	UPT (P, T)	UPT: 比内部エネルギー Specific Internal Energy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^8 \leq P \leq 8.0 \times 10^8$ (Pa) $183.15 \leq T \leq 473.15$ (K)  $0.02 \leq P \leq 80.0$ (bar) $-90.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図 II-7-1 参照 see Fig. II-7-1
45	UPX (P, X)	UPX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$1.2 \times 10^8 \leq P \leq 4.02 \times 10^8$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
46	UTD (T)	UTD: 飽和液体の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
48	UTX (T, X)	UTX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)

表 II-7-1 R12関数 (つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont' d)

7/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
49	VPD (P)	VPD:飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
50	VPDD (P)	VPDD:飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar)
51	VPT (P, T)	VPT:比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^5 \leq P \leq 8.0 \times 10^6$ (Pa) $183.15 \leq T \leq 473.15$ (K) $0.02 \leq P \leq 80.0$ (bar) $-90.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図II-7-1参照 see Fig II-7-1
52	VPX (P, X)	VPX:湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
53	VTD (T)	VTD:飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
54	VTDD (T)	VTDD:飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C)
55	VTX (T, X)	VTX:湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
56	XPH (P, H)	XPH:乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $HPD(P) \leq H \leq HPDD(P)$ (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS:乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $SPD(P) \leq S \leq SPDD(P)$ (J/(kg·K))

表 II-7-1 R12関数 (つづき)

Table II-7-1 Refrigerant 12 Function (cont' d)

8/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
58	XPU (P, U)	XPU:乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $UPD(P) \leq U \leq UPDD(P)$ (J/kg)
59	XPV (P, V)	XPV:乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	$1.2 \times 10^5 \leq P \leq 4.02 \times 10^6$ (Pa) $0.012 \leq P \leq 40.2$ (bar) $VPD(P) \leq V \leq VPDD(P)$ (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH:乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $HTD(T) \leq H \leq HTDD(T)$ (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS:乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $STD(T) \leq S \leq STDD(T)$ (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU:乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $UTD(T) \leq U \leq UTDD(T)$ (J/kg)
63	XTV (T, V)	XTV:乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	$173.15 \leq T \leq 383.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 110.0$ (°C) $VTD(T) \leq V \leq VTDD(T)$ (m <sup>3</sup> /kg)

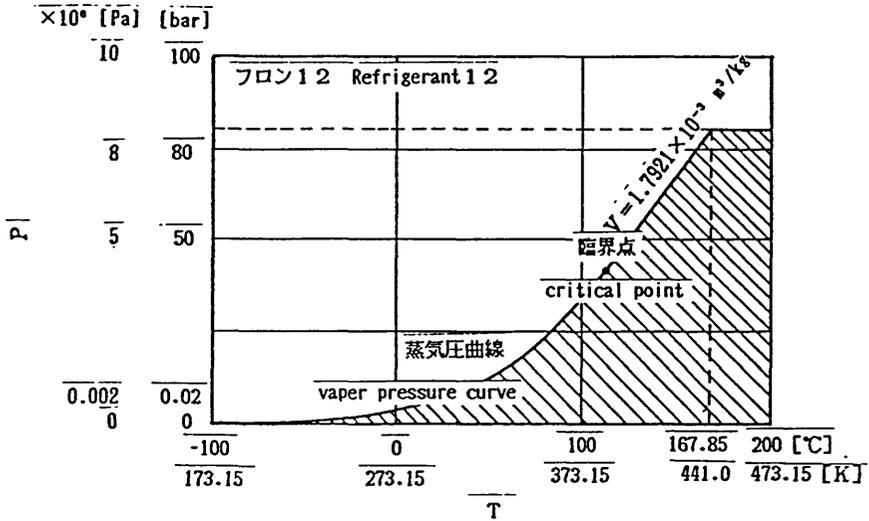


図 II-7-1 関数 CPPT(P,T), HPT(P,T), SPT(P,T), UPT(P,T) および VPT(P,T) に対する引数(P,T)の範囲

Fig. II-7-1 Range of Arguments (P,T) for CPPT(P,T), HPT(P,T), SPT(P,T), UPT(P,T) and VPT(P,T)

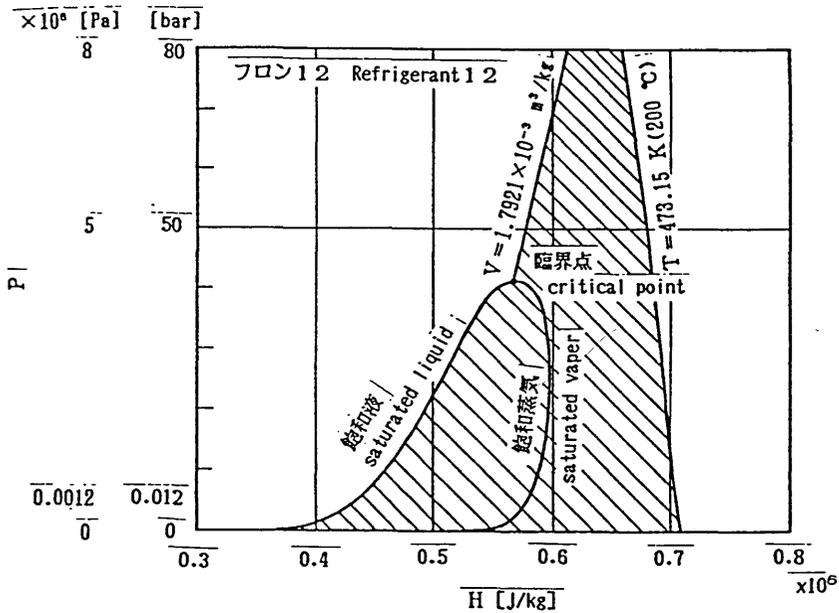


図 II-7-2 関数 TPH(P,H) に対する引数(P,H)の範囲

Fig. II-7-2 Range of Arguments (P,H) for TPH(P,H)

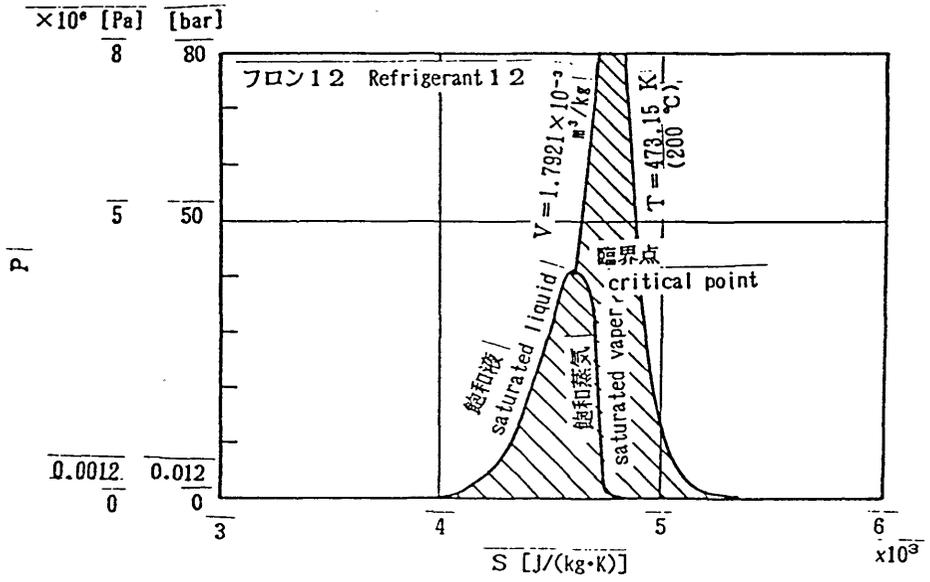


図 II-7-3 関数  $TPS(P,S)$  に対する引数  $(P,S)$  の範囲

Fig. II-7-3 Range of Arguments  $(P,S)$  for  $TPS(P,S)$

## 8. フロン22

すべてのフロン22関数の計算式は、日本冷凍協会の冷媒熱物性値表(R22蒸気表)(1)によってい  
る。

## 8.1 物質名および物質名識別用文字型コモン変数 FLUIDの値

物質名 : R22, 冷媒22, フレオン22, クロロジフルオロメタン

FLUIDの値 : 'R22', 'FREON22' あるいは 'CHCLF2' のいずれかとする。

## 8.2 重要な定数など

分子式 :  $\text{CHClF}_2$

分子量 : 86.469

気体定数 :  $96.15469 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

臨界定数 : 臨界圧力 :  $4.988 \times 10^6 \text{ Pa}$  (4988 bar)

臨界温度 :  $369.30 \text{ K}$  ( $96.15^\circ\text{C}$ )

臨界比体積 :  $1.9493 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

基準状態 :  $0^\circ\text{C}$ における飽和液の比エントロピーが  $1.0000 \text{ kcal}(\text{ thermochemical})/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ,  
すなわち  $4184.0 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 比エンタルピーの値を  $100.00 \text{ kcal}(\text{ thermochemical})$   
 $/\text{kg}$ , すなわち  $0.4184 \times 10^6 \text{ J}/\text{kg}$  とする。

## 8.3 計算式

状態式 :  $Z = Z(\rho, T)$ 形式。ここに,  $Z$  = 圧縮係数,  $\rho$  = 密度,  $T$  = 温度。文献(1)の式  
(II・2・1)。

蒸気圧 : 文献(1)の式(II・2・1)。

気液平衡線 : 比体積は文献(1)の式(II・2・3), 比エンタルピーは文献(1)の式(II・2・9),  
上の物性値 比エントロピーは文献(1)の式(II・2・17)(右辺[ ]の中の第5項を  $B_5(1+4Tr)$   
( $1-Tr$ )<sup>4</sup>と訂正), 定圧比熱は文献(1)の式(II・2・21)により計算。飽和蒸気  
線上の比体積は文献(1)の式(II・2・20)と式(II・2・1), 比エンタルピーは文献  
(1)の式(II・2・20)と式(II・2・6), 比エントロピーは文献(1)の式(II・2・20)  
と式(II・2・14)(右辺[ ]の中の第12項  $\ln(Tr/To)$ は不要), 定圧比熱は  
文献(1)の式(II・2・20)と式(II・2・25)により計算。

輸送的性質 : 飽和液の熱伝導率は文献(1)の式(II・3・9), 粘性係数は文献(1)の式(II・3・1)  
により計算。また常圧蒸気の熱伝導率は文献(1)の式(II・3・10), 過熱蒸気の粘  
性係数は文献(1)の式(II・3・5)により計算。

その他の性質 : 表面張力は文献(1)の式(II・2・37)により計算。

文献 (1) 日本冷凍協会, 冷媒熱物性値表(R22蒸気表)(昭和50年)

表 II-8-1 R22関数

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function

1/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
1			
2	ALAPP (P)	ALAPP: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$64.54 \times 10^3 \leq P \leq 4.97 \times 10^4$ (Pa) $0.6454 \leq P \leq 49.7$ (bar)
3	ALAPT (T)	ALAPT: ラプラス係数 Laplace Coefficient (m) T*: 温度 Temperature (Pa), (°C)	$223.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-50.0 \leq T \leq 96.0$ (°C)
4	ALHP (P)	ALHP: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.9 \times 10^4 \leq P \leq 4.97 \times 10^4$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.7$ (bar)
5	ALHT (T)	ALHT: 蒸発熱 Latent Heat of Vaporization (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C)
6	ALMPD (P)	ALMPD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (343.15K) (Pa) $(-1.95 \times 10^3)$ $(-2.98 \times 10^3)$ PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (70.0°C) (bar) $(-0.0195)$ $(-29.9)$
7			
8	ALMPT (P, T)	ALMPT: 常圧における蒸気の熱伝導率 Thermal Conductivity at Room Pressure (W/(m·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	P: dummy $233.15 \leq T \leq 473.15$ (K) $-40.0 \leq T \leq 200.0$ (°C)
9	ALMTD (T)	ALMTD: 飽和液の熱伝導率 Thermal Conductivity of Saturated Liquid (W/(m·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 343.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 70.0$ (°C)
10			
11	AMUPD (P)	AMUPD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (313.15K) (Pa) $(-1.95 \times 10^3)$ $(-1.53 \times 10^3)$ PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (40.0°C) (bar) $(-0.0195)$ $(-15.3)$

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

2/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
12			
13	AMUPT (P, T)	AMUPT: 粘性係数 Coefficient of Viscosity (Pa·s) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$100.0 \times 10^3 \leq P \leq 6.0 \times 10^4$ (Pa) $273.15 \leq T \leq 398.15$ (K) $1.0 \leq P \leq 60.0$ (bar) $0 \leq T \leq 125.0$ (°C)
14	AMUTD (T)	AMUTD: 飽和液の粘性係数 Coefficient of Viscosity of Saturated Liquid (Pa·s) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 313.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 40.0$ (°C)
15			
16	CPPD (P)	CPPD: 飽和液の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (298.15K) (Pa) $(-1.95 \times 10^3)$ $(-1.04 \times 10^3)$ PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (25.0°C) (bar) $(-0.0195)$ $(-10.4)$
17	CPPDD (P)	CPPDD: 飽和蒸気の定圧比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (173.15K) $\leq P \leq$ PST (353.15K) (Pa) $(-1.95 \times 10^3)$ $(-3.66 \times 10^3)$ PST (-100.0°C) $\leq P \leq$ PST (80.0°C) (bar) $(-0.0195)$ $(-36.6)$
18	CPPT (P, T)	CPPT: 定圧比熱 Isobaric Specific Heat (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^4 \leq P \leq 10.0 \times 10^4$ (Pa) $183.15 \leq T \leq 473.15$ (K) $0.02 \leq P \leq 100.0$ (bar) $-30.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図II-8-1参照 see Fig II-8-1
19	CP1D (T)	CPTD: 飽和液の定止比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 298.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 25.0$ (°C)
20	CPTDD (T)	CPTDD: 飽和蒸気の定止比熱 Isobaric Specific Heat of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 353.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 80.0$ (°C)

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

3/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
21	CRP ('A')	CRP: 臨界点における値 Critical Parameter H 'A' = 'H': 0.58654×10 <sup>8</sup> (J/kg) 比エンタルピー Specific Enthalpy P*: 'A' = 'P': 4.988×10 <sup>8</sup> (Pa), 49.88 (bar) 圧力 Pressure S 'A' = 'S': 4.6799×10 <sup>3</sup> (J/(kg·K)) 比エントロピー Specific Entropy T*: 'A' = 'T': 369.3 (K), 96.15 (°C) 温度 Temperature V 'A' = 'V': 1.9493×10 <sup>-4</sup> (m <sup>3</sup> /kg) 比体積 Specific Volume	'H', 'P', 'S', 'T', 'V' のうちのいずれか一つ one of 'H', 'P', 'S', 'T' or 'V'
22			
23	HPD (P)	HPD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1.9×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar)
24	HPDD (P)	HPDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1.9×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar)
71	HPS (P, S)	HPS: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	1.9×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 15.0×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 150.0 (bar) Sに關しては図II-8-3参照 see Fig. II-8-3 for S
25	HPT (P, T)	HPT: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.0×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 15.0×10 <sup>8</sup> (Pa) 178.15 ≤ T ≤ 473.15 (K)  0.02 ≤ P ≤ 150.0 (bar) -95.0 ≤ T ≤ 200.0 (°C) 図II-8-1参照 see Fig. II-8-1
26	HPX (P, X)	HPX: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	1.9×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
27	HTD (T)	HTD: 飽和液の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C)

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

4/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
28	HTDD (T)	HTDD: 飽和蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C)
29	HTX (T, X)	HTX: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
66			
68			
30	PST (T)	PST*: 飽和圧力 Saturation Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 ≤ T ≤ 369.3 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.15 (°C)
72			
73			
31	SIGP (P)	SIGP: 表面張力 Surface Tension (N/m) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	PST (223.15K) ≤ P ≤ 4.988×10 <sup>8</sup> (Pa) (-64.54×10 <sup>3</sup> ) PST (-50.0°C) ≤ P ≤ 49.88 (bar) (-0.6454)
32	SIGT (T)	SIGT: 表面張力 Surface Tension (N/m) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	223.15 ≤ T ≤ 369.3 (K) -50.0 ≤ T ≤ 96.15 (°C)
33	SPD (P)	SPD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1.9×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar)
34	SPDD (P)	SPDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1.9×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>8</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar)
35	SPT (P, T)	SPT: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.0×10 <sup>8</sup> ≤ P ≤ 15.0×10 <sup>8</sup> (Pa) 178.15 ≤ T ≤ 473.15 (K)  0.02 ≤ P ≤ 150.0 (bar) -95.0 ≤ T ≤ 200.0 (°C) 図II-8-1参照 see Fig. II-8-1

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

5/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
36	SPX (P, X)	SPX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 4.97 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.7$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
37	STD (T)	STD: 飽和液の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Liquid (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C)
38	STDD (T)	STDD: 飽和蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Saturated Vapor (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C)
39	STX (T, X)	STX: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K)) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
67			
69			
64	TPH (P, H)	TPH*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 比エンタルピー Specific Enthalpy (J/kg)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 15.0 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 150.0$ (bar) Hに関しては図II-8-2参照 see Fig. II-8-2 for H
65	TPS (P, S)	TPS*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 比エントロピー Specific Entropy (J/(kg·K))	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 15.0 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 150.0$ (bar) Sに関しては図II-8-3参照 see Fig. II-8-3 for S
70	TPV (P, V)	TPV*: 温度 Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 0.66214 \times 10^6$ (Pa) VPD (P) $\leq V \leq VPT$ (P, 473.15K) (m <sup>3</sup> /kg), $0.66214 \times 10^6 < P \leq 15.0 \times 10^6$ (Pa) $0.00080 \leq V \leq VPT$ (P, 473.15K) (m <sup>3</sup> /kg) $0.019 \leq P \leq 6.6214$ (bar) VPD (P) $\leq V \leq VPT$ (P, 200.0°C) (m <sup>3</sup> /kg), $6.6214 < P \leq 150.0$ (bar) $0.00080 \leq V \leq VPT$ (P, 200.0°C) (m <sup>3</sup> /kg)
41			

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

6/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
40	TSP (P)	TSP*: 飽和温度 Saturation Temperature (K), (°C) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 4.988 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.88$ (bar)
74			
75			
42	UPD (P)	UPD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 4.97 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.7$ (bar)
43	UPDD (P)	UPDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 4.97 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.7$ (bar)
44	UPT (P, T)	UPT: 比内部エネルギー Specific Internal Energy (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$2.0 \times 10^5 \leq P \leq 15.0 \times 10^6$ (Pa) $178.15 \leq T \leq 473.15$ (K) $0.02 \leq P \leq 150.0$ (bar) $-95.0 \leq T \leq 200.0$ (°C) 図II-8-1参照 see Fig. II-8-1
45	UPX (P, X)	UPX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 4.97 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.7$ (bar) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
46	UTD (T)	UTD: 飽和液の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Liquid (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C)
47	UTDD (T)	UTDD: 飽和蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Saturated Vapor (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C)
48	UTX (T, X)	UTX: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	$173.15 \leq T \leq 369.15$ (K) $-100.0 \leq T \leq 96.0$ (°C) $0 \leq X \leq 1.0$ (-)
49	VPD (P)	VPD: 飽和液の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	$1.9 \times 10^5 \leq P \leq 4.97 \times 10^6$ (Pa) $0.019 \leq P \leq 49.7$ (bar)

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

7/8

No	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
50	VPDD (P)	VPDD 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar)	1.9×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar)
51	VPT (P, T)	VPT 比体積 Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	2.0×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 15.0×10 <sup>6</sup> (Pa) 173.15 ≤ T ≤ 473.15 (K) 0.02 ≤ P ≤ 150.0 (bar) -95.0 ≤ T ≤ 200.0 (°C) 図II-8-1参照 see Fig II-8-1
52	VPX (P, X)	VPX 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	1.9×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
53	VTDD (T)	VTDD 飽和液体の比体積 Specific Volume of Saturated Liquid (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C)
54	VTDD (T)	VTDD 飽和蒸気の比体積 Specific Volume of Saturated Vapor (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C)
55	VTX (T, X)	VTX 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg) T*: 温度 Temperature (K), (°C) X: 乾き度 Dryness Fraction (-)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C) 0 ≤ X ≤ 1.0 (-)
56	XPH (P, H)	XPH 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	1.9×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar) HPD (P) ≤ H ≤ HPDD (P) (J/kg)
57	XPS (P, S)	XPS 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	1.9×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar) SPD (P) ≤ S ≤ SPDD (P) (J/(kg·K))
58	XPU (P, U)	XPU 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	1.9×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar) UPD (P) ≤ U ≤ UPDD (P) (J/kg)

表 II-8-1 R22関数(つづき)

Table II-8-1 Refrigerant 22 Function (cont'd)

8/8

No.	関数の名前 Name of Function	関数および引数 Function and Argument (s)	引数の範囲 Range of Argument (s)
59	XPV (P, V)	XPV 乾き度 Dryness Fraction (-) P*: 圧力 Pressure (Pa), (bar) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	1.9×10 <sup>3</sup> ≤ P ≤ 4.97×10 <sup>6</sup> (Pa) 0.019 ≤ P ≤ 49.7 (bar) VPD (P) ≤ V ≤ VPDD (P) (m <sup>3</sup> /kg)
60	XTH (T, H)	XTH 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) H: 湿り蒸気の比エンタルピー Specific Enthalpy of Mixture (J/kg)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C) HTD (T) ≤ H ≤ HTDD (T) (J/kg)
61	XTS (T, S)	XTS 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) S: 湿り蒸気の比エントロピー Specific Entropy of Mixture (J/(kg·K))	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C) STD (T) ≤ S ≤ STDD (T) (J/(kg·K))
62	XTU (T, U)	XTU 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) U: 湿り蒸気の比内部エネルギー Specific Internal Energy of Mixture (J/kg)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C) UTD (T) ≤ U ≤ UTDD (T) (J/kg)
63	XTV (T, V)	XTV 乾き度 Dryness Fraction (-) T*: 温度 Temperature (K), (°C) V: 湿り蒸気の比体積 Specific Volume of Mixture (m <sup>3</sup> /kg)	173.15 ≤ T ≤ 369.15 (K) -100.0 ≤ T ≤ 96.0 (°C) VTD (T) ≤ V ≤ VTDD (T) (m <sup>3</sup> /kg)

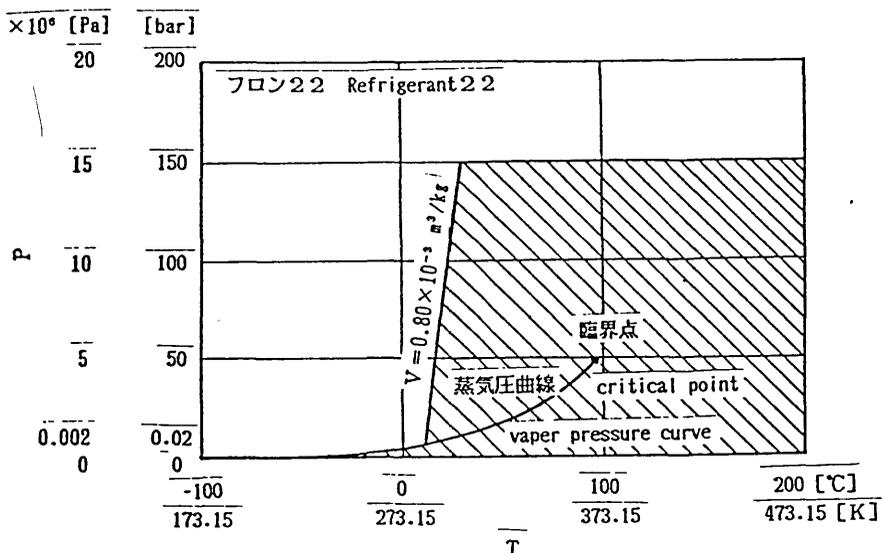


図 II-8-1 関数 CPPT(P,T), HPT(P,T), SPT(P,T), UPT(P,T) および VPT(P,T) に対する引数(P,T)の範囲

Fig. II-8-1 Range of Arguments (P,T) for CPPT(P,T), HPT(P,T), SPT(P,T), UPT(P,T) and VPT(P,T)

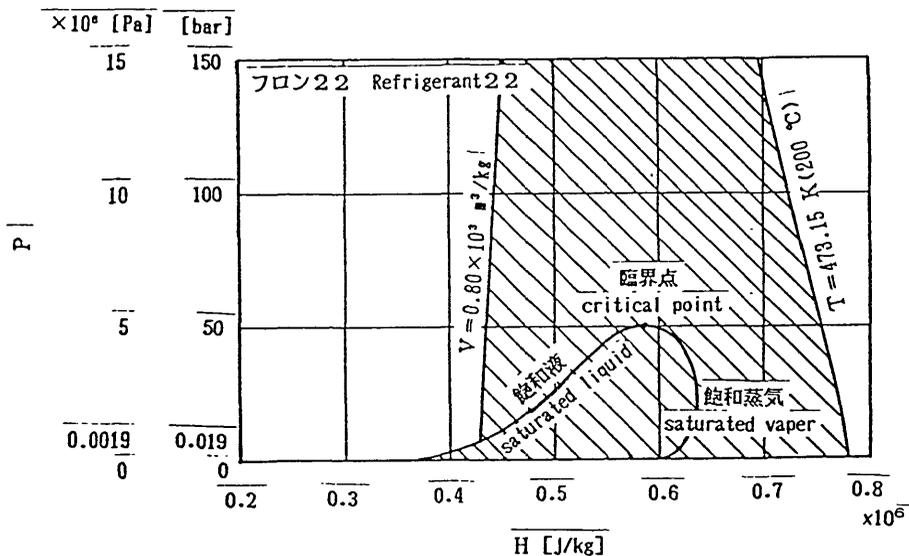


図 II-8-2 関数 TPH(P,H) に対する引数(P,H)の範囲

Fig. II-8-2 Range of Arguments (P,H) for TPH(P,H)

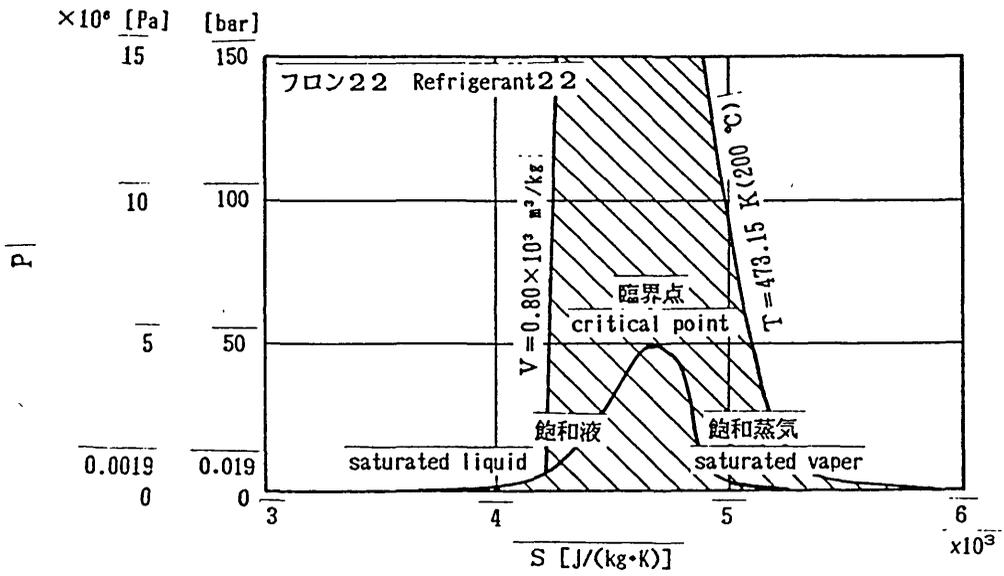


図 II-8-3 関数  $\text{TPS}(P,S)$  に対する引数  $(P,S)$  の範囲

Fig. II-8-3 Range of Arguments  $(P,S)$  for  $\text{TPS}(P,S)$

9. PROPATHに組み込まれる予定の物質

アルゴン

酸 素

重 水

エチレン

プロピレン

フロン類

付録 1. 利用者のプログラム単位の例

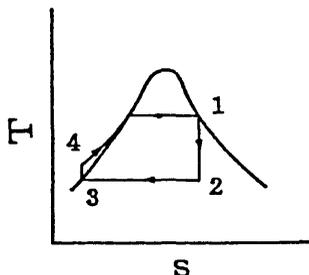
[ 例題 ] 初圧 10MPa と背圧 5kPa の間で作動する図のような可逆ランキンサイクルのサイクル有効率, 熱効率, 仕事比および蒸気消費率を求めよ。ただし, 基準温度を 25°C とせよ。

[ プログラム例 ]

```

*****
*
*   SAMPLE PROGRAM FOR /PROPATH/ USERS
*
*   EXAMPLE FROM      NISHIKAWA AND ITO,
*                   OHYOH NETSURIKIGAKU,
*                   CORONA SHA, TOKYO,
*                   1983
*
*****
*
*** EX. 11.4 ON PAGE 306, CYCLE EFFICINCY, WORK RATIO, *****
*** AND STEAM RATE FOR RANKINE CYCLE *****
*
REAL*4 L,L0,LT0,LP0
CHARACTER FLUID*16
COMMON/BLK/FLUID
COMMON/UNIT/KPA
FLUID='WATER'
KPA=1
P1=100.0
P2=0.05
T0=298.15
H1=HPDD(P1)
S1=SPDD(P1)
H3=HPD(P2)
R=ALHP(P2)
S3=SPD(P2)
X=XPS(P2,S1)
H2=H3+X*R
T4=TPS(P1,S3)
H4=HPT(P1,T4)
LT0=H1-H2
LP0=H4-H3
L0=LT0-LP0
QB0=H1-H4
L=L0/LT0
ETA=L0/QB0
G0=3600.0/L0*1000.
GT0=3600.0/LT0*1000.
PSI1=H1-T0*S1
PSI4=H4-T0*S3
ETAC=L0/(PSI1-PSI4)
WRITE(6,*)'***** SAMPLE PROGRAM FOR /PROPATH/ USERS *****'
WRITE(6,*)'  CYCLE EFFICIENCY           ETA =',ETA
WRITE(6,*)'  WORK RATIO                 L0 =',L
WRITE(6,*)'  STEAM RATE PER NET POWER   G0 =',
& G0,' (KG/KWH)'
WRITE(6,*)'  STEAM RATE PER TURBINE PROWER GT0 =',
& GT0,' (KG/KWH)'
WRITE(6,*)'  CYCLE EFFECTIVENESS        EATC=',ETAC
STOP
END

```



研究 開 発

[ 印字出力 ]

```
***** SAMPLE PROGRAM FOR /PROPATH/ USERS *****
CYCLE EFFICIENCY           ETA =0.389838457
WORK RATIO                 LO  =0.990130186
STEAM RATE PER NET POWER  GO  =3.57939529  (KG/KWH)
STEAM RATE PER TURBINE POWER GTO =3.54406738 (KG/KWH)
CYCLE EFFECTIVENESS       EATC=0.961172462
```

付録2. サブルーチンLSTPROの出力

A SHORT GUIDE TO  
AND  
THE TABLE OF PROGRAMS COLLECTED IN  
THE PROGRAM PACKAGE  
/PROPATH: A PROGRAM PACKAGE FOR THERMOPHYSICAL PROPERTY/

VERSION 2.1

1. EVERY USER'S PROGRAM WHICH CALLS ANY SUBPROGRAM IN THE /PROPATH/ SHOULD INCLUDE THE FOLLOWING 2 LINES BEFORE THE FIRST EXECUTABLE STATEMENT APPEARS.

```
CHARACTER FLUID#16
COMMON/BLK/FLUID
COMMON/UNIT/KPA
```

THIS RESERVES FLUID AS A COMMON CHARACTER VARIABLE AND KPA AS A COMMON INTEGER VARIABLE.

2. THEN THE FOLLOWING TWO LINES OR THE FIRST OF THEM MUST BE PLACED IN THE USER'S PROGRAM UNIT BEFORE THE FIRST FUNCTION CALL APPEARS

```
FLUID = 'A'
KAP = N
```

HERE 'A' IS A CHARACTER CONSTANT TO IDENTIFY THE NAME OF THE SUBSTANCE. THE NAME OF THE SUBSTANCES FOR WHICH /PROPATH/ PROVIDES ONE FUNCTION AT LEAST ARE LISTED WHEN THE SUBROUTINE /LSTSUB/ IS CALLED. SEE CATEGORY 2 OF THIS LISTING. N IS AN INTEGER CONSTANT TO SPECIFY THE UNITS OF PRESSURE AND TEMPERATURE. WHEN ZERO IS ASSIGNED TO KPA OR WHEN NO ASSIGNMENT HAS BEEN DONE AT ALL, PRESSURE IS IN PASCAL AND TEMPERATURE IN KELVIN. SEE CHAPTER 7 OF PART 1 IN THE MANUAL FOR OTHER POSSIBILITIES.

3. /PROPATH/ USES A LOT OF NAMES FOR ITS OWN PURPOSE. NOTHING TO SAY, FLUID AND KPA MENTIONED ABOVE, NAMES OF FUNCTION LISTED IN CATEGORY 1 UNDER THE HEADING OF /LIST OF FUNCTIONS/ BELOW AND NAMES OF SUBROUTINE LISTED IN CATEGORY 2 BELOW ARE SUPPOSED TO APPEAR IN USER'S PROGRAM ONLY WHEN THEY ASSUME ORIGINAL MEANING.

4. ALL POSSIBLE FUNCTIONS ARE LISTED IN CATEGORY 1 OF THIS LISTING UNDER THE HEADING OF /LIST OF FUNCTIONS/. HOWEVER THIS DOES NOT MEAN THAT ALL THESE FUNCTIONS ARE PROVIDED TO EACH SUBSTANCE. ON CALLING SUBROUTINE /LSTFUN/, YOU WILL GET THE LIST OF FUNCTIONS FOR A SPECIFIC SUBSTANCE. SEE CATEGORY 2 OF THIS LISTING.

5. A PREDETERMINED SEQUENCE OF OPERATIONS WILL HAPPEN TO PROCESS ERRONEOUS CALLING, WHEN AN IMPROPER FUNCTION CALLING HAS BEEN DONE. ERRONEOUS CALLINGS HAVE BEEN GROUPED INTO 4 LEVELS, WITH ASCENDING ORDER OF USER'S RESPONSIBILITY.

5.1 LEVEL 1 ERROR (CONVERGENCE FAILURE)

VALUE OF FUNCTION RETURNED TO CALLING PROGRAM IS  $-1.0E+10$ .  
ERROR MESSAGE WILL APPEAR LIKE BELOW.

```
**** NO CONVERGENCE AT (NAME OF FUNCTION CALLED) FOR (VALUE
OF FLUID) ****
```

A USER HAS DONE NO MISTAKE AT ALL, EVEN IF THIS LEVEL OF ERROR OCCURRED. /PROPATH/ IS ACCUSED OF THIS LEVEL OF ERROR. HOWEVER /PROPATH/ CAN NOT HELP YOU ANYMORE AT THE MOMENT, IF THIS LEVEL OF ERROR WAS DETECTED.

5.2 LEVEL 2 ERROR (INVALID ARGUMENT(S))

VALUE OF FUNCTION RETURNED TO CALLING PROGRAM IS  $-1.0E+20$ .  
ERROR MESSAGE WILL APPEAR LIKE BELOW.

\*\*\*\* OUT OF RANGE AT (NAME OF FUNCTION CALLED) FOR (VALUE OF FLUID) WHEN (FIRST ARGUMENT) AND (SECOND ARGUMENT, IF ANY) \*\*\*\*  
EXAMINE MANUAL.

5.3 LEVEL 3 ERROR (FUNCTION UNAVAILABLE)

VALUE OF FUNCTION RETURNED TO CALLING PROGRAM IS  $-1.0E+20$ .  
ERROR MESSAGE WILL APPEAR LIKE BELOW.

\*\*\*\* FUNCTION (NAME OF FUNCTION CALLED) UNAVAILABLE FOR (VALUE OF FLUID) \*\*\*\*

EXAMINE MANUAL OR CALL SUBROUTINE /LSTFUN/.

5.4 LEVEL 4 ERROR (INVALID NAME OF SUBSTANCE)

VALUE OF FUNCTION RETURNED TO CALLING PROGRAM IS  $-1.0E+20$ .  
ERROR MESSAGE WILL APPEAR LIKE BELOW.

\*\*\*\* NO FUNCTION FOR (VALUE OF FLUID) AVAILABLE AT ALL \*\*\*\*  
EXAMINE MANUAL OR CALL SUBROUTINE /LSTSUB/.

6. HELP US REFINE /PROPATH/. IF YOU WOULD HAVE ARRIVED AT QUITE AN UNEXPECTED RESULT ON CALLING /PROPATH/, LET US LEARN IT SOON. ALL QUERIES ARE HELCOMED AT,

PROFESSOR TAKEHIRO ITO  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
POWER DIVISION  
FACULTY OF ENGINEERING  
KYUSHU UNIVERSITY  
FUKUOKA, 812 JAPAN

\*\*\*\*\* CATEGORY 1 \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* FUNCTION \*\*\*\*\*

NOMENCLATURE

EVERY QUANTITY IS IN SIGLE PRECISION. ALL OF THESE ARE IN THE FUNDAMENTAL SI OR IN COHERENT DERIVED SI EXCEPT PRESSURE AND TEMPERATURE. THE PRESSURE IS IN PASCAL OR BAR AND THE TEMPERATURE IN KELVIN OR DEGREE CELSIUS. WHEN SOME INTEGER IS ASSIGNED TO THE COMMON INTEGER VARIABLE KPA, /PROPATH/ SELECTS PREDETERMINED UNITS FOR PRESSURE AND TEMPERATURE. SEE SECTION 2 ABOVE AND CHAPTER 7 OF PART 1 IN THE MANUAL. QUANTITIES IN THE DIMENTION OF THE PRESSURE OR TEMPERATURE ARE MARKED BY #.

- AIP = ION PRODUCT, LOG TO THE BASE TEN OF ION PRODUCT IN (MOL/KG)\*\*2
- ALA = LAPLACE CONSTANT, M
- ALH = LATENT HEAT OF VOPORIZATION, J/KG
- ALM = THERMAL CONDUCTIVITY, W/(M\*K)
- AMU = COEFFICIENT OF VISCOSITY, PA\*S
- CP = ISOBARIC SPECIFIC HEAT, J/(KG\*K)
- CRP = QUANTITY AT THE CRITICAL POINT
- SPECIFIC ENTHALPY, J/KG
- #PRESSURE, PASCAL OR BAR
- SPECIFIC ENTROPY, J/(KG\*K)
- #TEMPERATURE, KELVIN OR DEGREE CELSIUS
- SPECIFIC VOLUME, M\*\*3/KG
- CV = ISOCHORIC SPECIFIC HEAT, J/(KG\*K)
- EPS = STATIC DIELECTRIC CONSTANT, NON-DIMENSIONAL
- H = SPECIFIC ENTHALPY, J/KG
- P = #PRESSURE, PASCAL OR BAR
- S = SPECIFIC ENTROPY, J/(KG\*K)

SIG = SURFACE TENSION, N/M  
 T = \*TEMPERATURE, KELVIN OR DEGREE CELSIUS  
 TRPL = QUANTITIES AT THE TRIPLE POINT  
     \*PRESSURE, PASCAL OR BAR  
     \*TEMPERATURE, KELVIN OR DEGREE CELSIUS  
 TS = \*SATURATION TEMPERATURE, KELVIN OR DEGREE CELSIUS  
 U = SPECIFIC INTERNAL ENERGY, J/KG  
 V = SPECIFIC VOLUME, M\*\*3/KG  
 X = DRYNESS FRACTION, NON-DIMENSIONAL

CAHRACTER AS ARGUMENT

'H' = SPECIFIC ENTHALPY  
 'P' = PRESSURE  
 'S' = SPECIFIC ENTROPY  
 'T' = TEMPERATURE  
 'V' = SPECIFIC VOLUME

/D/ AND /DD/ IN THE NAME OF FUNCTION

/D/ = SATURATED LIQUID  
 /DD/ = SATURATED VAPOR

LIST OF FUNCTIONS

NO.	NAME	FUNCTION OBTAINED
F 1	AIPPT (P*,T*)	ION PRODUCT
F 2	ALAPP (P*)	LAPLACE COEFFICIENT
F 3	ALAPT (T*)	LAPLACE COEFFICIENT
F 4	ALHP (P*)	LATENT HEAT OF VAPORIZATION
F 5	ALHT (T*)	LATENT HEAT OF VAPORIZATION
F 6	ALHPD (P*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED LIQUID
F 7	ALHPDD (P*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED VAPOR
F 8	ALMPT (P*,T*)	THERMAL CONDUCTIVITY
F 9	ALMTD (T*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED LIQUID
F 10	ALMTDD (T*)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED VAPOR
F 11	AMUPD (P*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED LIQUID
F 12	AMUPDD (P*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED VAPOR
F 13	AMUPT (P*,T*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY
F 14	AMUTD (T*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED LIQUID
F 15	AMUTDD (T*)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED VAPOR
F 16	CPPD (P*)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED LIQUID
F 17	CPPDD (P*)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED VAPOR
F 18	CPPT (P*,T*)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT
F 19	CPTD (T*)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED LIQUID
F 20	CPTDD (T*)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED VAPOR
F 21	CRP ('A')	CRITICAL PARAMETER  H SPECIFIC ENTHALPY: 'A'='H' P# PRESSURE : 'A'='P' S SPECIFIC ENTROPY : 'A'='S' T# TEMPERATURE : 'A'='T'. V SPECIFIC VOLUME : 'A'='V'
F 76	CVPDD (P*)	ISOCORIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED VAPOR
F 77	CVPT (P*,T*)	ISOCORIC SPECIFIC HEAT
F 78	CVTDD (T*)	ISOCORIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED VAPOR
F 22	EPSPT (P*,T*)	STATIC DIELECTRIC CONSTANT
F 23	HPD (P*)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED LIQUID
F 24	HPDD (P*)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED VAPOR

研究 開 発

F 71	HPS	(P#,S)	SPECIFIC ENTHALPY
F 25	HPT	(P#,T#)	SPECIFIC ENTHALPY
F 26	HPX	(P#,X)	SPECIFIC ENTHALPY OF MIXTURE
F 27	HTD	(T#)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED LIQUID
F 28	HTDD	(T#)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED VAPOR
F 29	HTX	(T#,X)	SPECIFIC ENTHALPY OF MIXTURE
F 66	PLDT#	(T#)	PRESSURE ON LAMBDA LINE
F 68	PMLT#	(T#)	PRESSURE ON MELTING LINE
F 30	PST#	(T#)	SATURATION PRESSURE
F 72	PSTD#	(T#)	SATURATION PRESSURE OF SATURATED LIQUID
F 73	PSTDD#	(T#)	SATURATION PRESSURE OF SATURATED VAPOR
F 31	SIGP	(P#)	SURFACE TENSION
F 32	SIGT	(T#)	SURFACE TENSION
F 33	SPD	(P#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED LIQUID
F 34	SPDD	(P#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED VAPOR
F 35	SPT	(P#,T#)	SPECIFIC ENTROPY
F 36	SPX	(P#,X#)	SPECIFIC ENTROPY OF MIXTURE
F 37	STD	(T#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED LIQUID
F 38	STDD	(T#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED VAPOR
F 39	STX	(T#,X)	SPECIFIC ENTROPY OF MIXTURE
F 67	TLDP#	(P#)	TEMPERATURE ON LAMBDA LINE
F 69	TMLP#	(P#)	TEMPERATURE ON MELTING LINE
F 64	TPH#	(P#,H)	TEMPERATURE
F 65	TPS#	(P#,S)	TEMPERATURE
F 70	TPV#	(P#,U)	TEMPERATURE
F 41	TRPL	('A')	QUANTITIES AT THE TRIPLE POINT
P# PRESSURE : 'A'='P'			
T# TEMPERATURE: 'A'='T'			
F 48	TSP#	(P#)	SATURATION TEMPERATURE
F 74	TSPD#	(P#)	SATURATION PRESSURE OF SATURATED LIQUID
F 75	TSPDD#	(P#)	SATURATION PRESSURE OF SATURATED VAPOR
F 42	UPD	(P#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED LIQUID
F 43	UPDD	(P#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED VAPOR
F 44	UPT	(P#,T#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY
F 45	UPX	(P#,X)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF MIXTURE
F 46	UTD	(T#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED LIQUID
F 47	UTDD	(T#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED VAPOR
F 48	UTX	(T#,X)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF MIXTURE
F 49	VPD	(P#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED LIQUID
F 50	VPDD	(P#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED VAPOR
F 51	VPT	(P#,T#)	SPECIFIC VOLUME
F 52	VPX	(P#,X)	SPECIFIC VOLUME OF MIXTURE
F 53	VTD	(T#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED LIQUID
F 54	VTDD	(T#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED VAPOR
F 55	VTX	(T#,X)	SPECIFIC VOLUME OF MIXTURE
F 56	XPH	(P#,H)	DRYNESS FRACTION
F 57	XPS	(P#,S)	DRYNESS FRACTION
F 58	XPU	(P#,U)	DRYNESS FRACTION
F 59	XPV	(P#,V)	DRYNESS FRACTION
F 60	XTH	(T#,H)	DRYNESS FRACTION
F 61	XTS	(T#,S)	DRYNESS FRACTION
F 62	XTU	(T#,U)	DRYNESS FRACTION
F 63	XTV	(T#,V)	DRYNESS FRACTION

\*\*\*\*\* CATEGORY 2 \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* SUBROUTINE \*\*\*\*\*

S1            SUBROUTINE        LSTPRO

  /LSTPRO/ OUTPUTS THIS LISTING ON THE STANDARD LISTING DEVICE WHEN  
 FORTRAN CALLED. NO ARGUMENT EXPECTED.

S2           SUBROUTINE       LSTSUB

LSTSUB/ OUTPUTS THE LIST OF THE NAME OF SUBSTANCES FOR WHICH THE PROGRAM PACKAGE /PROPATH/ PROVIDES ONE FUNCTION OF THERMOPHYSICAL PROPERTY AT LEAST. THE LIST PRINTED ON THE STANDARD LISTING DEVICE WHEN FORTRAN CALLED WILL APPEAR AS FOLLOWS. NO ARGUMENT EXPECTED.

LIST OF THE NAME OF SUBSTANCES FOR WHICH /PROPATH/  
PROVIDES ONE FUNCTION OF THERMOPHYSICAL PROPERTY  
AT LEAST

VERSION 2.1

HELIUM4 ( HELIUM, HE )  
NITROGEN ( N )  
AIR  
CARBONDIOXIDE ( CO2 )  
WATER ( H2O )  
METHANE ( CH4 )  
R12 ( FREON12, CCL2F2 )  
R22 ( FREON22, CHCLF2 )

ALL THESE ARE VALID AS CHARACTER TYPE CONSTANT TO IDENTIFY THE SUBSTANCE ON WHICH YOU ARE GOING TO GET THERMOPHYSICAL PROPERTY, I.E. AS VALUE OF FLUID.

S3           SUBROUTINE       LSTFUN('A')

/LSTFUN/ IS A CHARACTER ARGUMENTED SUBROUTINE AND OUTPUTS THE LIST OF FUNCTIONS FOR SUBSTANCE 'A' THAT /PROPATH/ PROVIDES. 'A' IS THE CHARACTER TYPE VARIABLE IDENTIFYING THE SUBSTANCE YOU ARE CURRENTLY INTERESTED IN. LISTING WILL BE GET ON THE STANDARD LISTING DEVICE WHEN FORTRAN CALLED.

付録3. サブルーチンLSTSUBの出力

LIST OF THE NAME OF SUBSTANCES FOR WHICH /PROPATH/  
PROVIDES ONE FUNCTION OF THERMOPHYSICAL PROPERTY  
AT LEAST

VERSION 2.1

HELIUM4 ( HELIUM, HE )  
NITROGEN ( N )  
AIR  
CARBONDIKIDE ( CO2 )  
WATER ( H2O )  
METHANE ( CH4 )  
R12 ( FREON12, CCL2F2 )  
R22 ( FREON22, CHCLF2 )

ALL THESE ARE VALID AS CHARACTER TYPE CONSTANT TO IDENTIFY THE SUBSTANCE  
ON WHICH YOU ARE GOING TO GET THERMOPHYSICAL PROPERTY, I.E. AS VALUE OF  
FLUID.

付録4. サブルーチン LSTFUN の出力

```

*****
** LIST OF FUNCTIONS FOR NITROGEN **
*****

```

NO.	NAME	FUNCTION OBTAINED
F 2	ALAPP (P#)	LAPLACE COEFFICIENT
F 3	ALAPT (T#)	LAPLACE COEFFICIENT
F 4	ALHP (P#)	LATENT HEAT OF VAPORIZATION
F 5	ALHT (T#)	LATENT HEAT OF VAPORIZATION
F 6	ALMPD (P#)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED LIQUID
F 7	ALMPDD (P#)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED VAPOR
F 8	ALMPT (P#,T#)	THERMAL CONDUCTIVITY
F 9	ALMTD (T#)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED LIQUID
F 10	ALMTDD (T#)	THERMAL CONDUCTIVITY OF SATURATED VAPOR
F 11	AMUPD (P#)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED LIQUID
F 12	AMUPDD (P#)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED VAPOR
F 13	AMUPT (P#,T#)	COEFFICIENT OF VISCOSITY
F 14	AMUTD (T#)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED LIQUID
F 15	AMUTDD (T#)	COEFFICIENT OF VISCOSITY OF SATURATED VAPOR
F 16	CPPD (P#)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED LIQUID
F 17	CPPDD (P#)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED VAPOR
F 18	CPPT (P#,T#)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT
F 19	CPTD (T#)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED LIQUID
F 20	CPTDD (T#)	ISOBARIC SPECIFIC HEAT OF SATURATED VAPOR
F 21	CRP ('A')	CRITICAL PARAMETER
		H SPECIFIC ENTHALPY: 'A'='H'
		P# PRESSURE : 'A'='P'
		S SPECIFIC ENTROPY : 'A'='S'
		T# TEMPERATURE : 'A'='T'
		V SPECIFIC VOLUME : 'A'='V'
F 22	EPSPT (P#,T#)	STATIC DIELECTRIC CONSTANT
F 23	HPD (P#)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED LIQUID
F 24	HPDD (P#)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED VAPOR
F 71	HPS (P#,S)	SPECIFIC ENTHALPY
F 25	HPT (P#,T#)	SPECIFIC ENTHALPY
F 26	HPX (P#,X)	SPECIFIC ENTHALPY OF MIXTURE
F 27	HTD (T#)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED LIQUID
F 28	HTDD (T#)	SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED VAPOR
F 29	HTX (T#,X)	SPECIFIC ENTHALPY OF MIXTURE
F 68	PMLT# (T#)	PRESSURE ON MELTING LINE
F 30	PST# (T#)	SATURATION PRESSURE
F 31	SIGP (P#)	SURFACE TENSION
F 32	SIGT (T#)	SURFACE TENSION
F 33	SPD (P#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED LIQUID
F 34	SPDD (P#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED VAPOR
F 35	SPT (P#,T#)	SPECIFIC ENTROPY
F 36	SPX (P#,X#)	SPECIFIC ENTROPY OF MIXTURE
F 37	STD (T#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED LIQUID
F 38	STDD (T#)	SPECIFIC ENTROPY OF SATURATED VAPOR
F 39	STX (T#,X)	SPECIFIC ENTROPY OF MIXTURE
F 69	THLP# (P#)	TEMPERATURE ON MELTING LINE
F 64	TPH# (P#,H)	TEMPERATURE
F 65	TPS# (P#,S)	TEMPERATURE
F 70	TPV# (P#,V)	TEMPERATURE

F 41	TRPL	('A')	QUANTITIES AT THE TRIPLE POINT
			P# PRESSURE : 'A'='P'
			T# TEMPERATURE: 'A'='T'
F 48	TSP#	(P#)	SATURATION TEMPERATURE
F 42	UPD	(P#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED LIQUID
F 43	UPDD	(P#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED VAPOR
F 44	UPT	(P#,T#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY
F 45	UPX	(P#,X)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF MIXTURE
F 46	UTD	(T#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED LIQUID
F 47	UTDD	(T#)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF SATURATED VAPOR
F 48	UTX	(T#,X)	SPECIFIC INTERNAL ENERGY OF MIXTURE
F 49	VPD	(P#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED LIQUID
F 50	VPDD	(P#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED VAPOR
F 51	VPT	(P#,T#)	SPECIFIC VOLUME
F 52	VPX	(P#,X)	SPECIFIC VOLUME OF MIXTURE
F 53	VTD	(T#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED LIQUID
F 54	VTDD	(T#)	SPECIFIC VOLUME OF SATURATED VAPOR
F 55	VTX	(T#,X)	SPECIFIC VOLUME OF MIXTURE
F 56	XPH	(P#,H)	DRYNESS FRACTION
F 57	XPS	(P#,S)	DRYNESS FRACTION
F 58	XPL	(P#,L)	DRYNESS FRACTION
F 59	XPV	(P#,V)	DRYNESS FRACTION
F 60	XTH	(T#,H)	DRYNESS FRACTION
F 61	XTS	(T#,S)	DRYNESS FRACTION
F 62	XTU	(T#,U)	DRYNESS FRACTION
F 63	XTV	(T#,V)	DRYNESS FRACTION

付録5. PROPATH関数の表

表 Ⅲ-5-1 PROPATH 関数  
Table Ⅲ-5-1 PROPATH FUNCTIONS

関数名 Function Name	He4	N2	AIR	CO2	H2O	CH4	R12	R22
F 1 AIPPT (P,T)	-	-	-	-	1.1	-	-	-
F 2 ALAPP (P)	-	1.1	-	2.1	1.1	-	1.1	1.1
F 3 ALAPT (T)	-	1.1	-	2.1	1.1	-	1.1	1.1
F 4 ALHP (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F 5 ALHT (T)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F 6 ALMPD (P)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	1.1	1.1
F 7 ALMPDD(P)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	-	-
F 8 ALMPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	-	1.1	-	1.1	1.1
F 9 ALMTD (T)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	1.1	1.1
F10 ALMTDD(T)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	-	-
F11 AMUPD (P)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	1.1	1.1
F12 AMUPDD(P)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	-	-
F13 AMUPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	-	1.1	-	1.1	1.1
F14 AMUTD (T)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	1.1	1.1
F15 AMUTDD(T)	1.1	1.1	-	-	1.1	-	-	-
F16 CPPD (P)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F17 CPPDD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F18 CPPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F19 CPTD (T)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F20 CPTDD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F21 CRP ('A')	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F76 CVPDD (P)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F77 CVPT (P,T)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F78 CVTDD (T)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F22 EPSPT (P,T)	-	1.1	-	-	1.1	-	-	-
F23 HPD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F24 HPDD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F71 HPS (P,S)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
F25 HPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F26 HPX (P,X)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F27 HTD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F28 HTDD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1

研究開発

関数名 Function Name	He4	N2	AIR	CO2	H2O	CH4	R12	R22
F29 HTX (T,X)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F66 PLDT (T)	1.1	-	-	-	-	-	-	-
F68 PMLT (T)	1.1	1.1	-	2.1	-	2.1	-	-
F30 PST (T)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F72 PSTD (T)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F73 PSTDD (T)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F31 SIGP (P)	-	1.1	-	2.1	1.1	-	1.1	1.1
F32 SIGT (T)	-	1.1	-	2.1	1.1	-	1.1	1.1
F33 SPD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F34 SPDD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F35 SPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F36 SPX (P,X)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F37 STD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F38 STDD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F39 STX (T,X)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F67 TLDP (P)	1.1	-	-	-	-	-	-	-
F69 TMLP (P)	1.1	1.1	-	2.1	-	2.1	-	-
F64 TPH (P,H)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F65 TPS (P,S)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F70 TPV (P,V)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
F41 TRPL ('A')	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	-	-
F40 TSP (P)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F74 TSPD (P)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F75 TSPDD (P)	-	-	2.1	-	-	-	-	-
F42 UPD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F43 UPDD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F44 UPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F45 UPX (P,X)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F46 UTD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F47 UTDD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F48 UTX (T,X)	1.1	1.1	-	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F49 VPD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F50 VPDD (P)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F51 VPT (P,T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F52 VPX (P,X)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1

関 数 名 Function Name	He4	N2	AIR	CO2	H2O	CH4	R12	R22
F53 VTD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F54 VTDD (T)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F55 VTX (T,X)	1.1	1.1	—	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F56 XPH (P,H)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F57 XPS (P,S)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F58 XPU (P,V)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F59 XPV (P,V)	1.1	1.1	2.1	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F60 XTH (T,H)	1.1	1.1	—	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F61 XTS (T,S)	1.1	1.1	—	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F62 XTU (T,U)	1.1	1.1	—	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1
F63 XTV (T,V)	1.1	1.1	—	2.1	1.1	2.1	1.1	1.1

表中の数字は、その関数が導入された版次を示す。

Number in the table denotes the version in which each FUNCTION was introduced.