

# AI Data Center用途伺服器冷卻液 「DAISAVE系列」的產品線擴充與 最新測試結果

Expansion of the “DAISAVE” Series of Server Coolants for AI Servers and Latest Evaluation Results

午坊健司 Kenji Gobo<sup>1</sup>、杉村早耶香 Sayaka Sugimura<sup>1</sup>、卯田祥子 Shoko Uda<sup>1</sup>、  
井上茉優 Mayu Inoue<sup>1</sup>、井岡和惠 Kazue Ioka<sup>1</sup>、白井淳 Atsushi Shirai<sup>2</sup>、  
楊晉璋 Chris Yang<sup>3</sup>、福壽梨奈 Rina Fukuju<sup>4</sup>、黃祈翰 Edison Huang<sup>5</sup>、  
洪志宗 Jimmy Hung<sup>6</sup>

大金工業株式會社(DAIKIN Industries, Ltd.) <sup>1</sup>研究員、<sup>2</sup>主任技師

台灣大金先端化學股份有限公司(Taiwan DAIKIN Advanced Chemicals, Inc.)

<sup>3</sup>營業專員、<sup>4</sup>主任、<sup>5</sup>經理、<sup>6</sup>副總

## 摘要/Abstract

大金開發了全球暖化係數(GWP)低於傳統氟化液的Data Center伺服器冷卻液「DAISAVE系列」。「DAISAVE SS-54」是沸點為54°C的非可燃性低黏度液體，具有相當於傳統氟化液的熱傳輸特性，可作為活用相變化潛熱的雙相冷板冷卻液使用。「DAISAVE SS-110」是沸點為110°C的非可燃性低黏度液體，可作為單相浸沒式冷卻液使用。「DAISAVE SS-49」是沸點為49°C的非可燃性低黏度液體，具有相當於傳統氟化液的熱傳輸特性，可利用相變時的潛熱，作為雙相浸沒式冷卻液使用。

We have developed the DAISAVE series of server cooling fluids for data centers, which have a lower global warming potential (GWP) than conventional fluorine-based solvents. DAISAVE SS-54 is a low-viscosity liquid with a boiling point of 54°C and no flash point that has the same heat transport properties as conventional fluorine solvents, and is used as a two-phase cold plate coolant that utilize the latent heat of phase change. DAISAVE SS-110 is a low-viscosity liquid with a boiling point of 110°C and no flash point, and is used as a single-phase liquid immersion coolant. DAISAVE SS-49 is a low-viscosity liquid with a boiling point of 49°C and no flash point that has the same heat transport properties as conventional fluorine solvents, and is used as a two-phase liquid immersion coolant that utilizes the latent heat of phase change.

## 關鍵字/Keywords

浸沒式冷卻(Immersion Cooling)、氟化液(Fluorine Solvents)、冷卻液(Coolant)

## 前言

數據中心(Data Center)的技術創新讓人眼睛為之一亮，其核心原因離不開伺服器的性能不斷進步，從而推動整個IT產業的發展。與此同時，伴隨伺服器性能不斷提升，釋放的熱能也不斷增加，傳統的氣冷開始難以有效地冷卻。為了解決這個課題，而有了新的散熱技術需求。

Data Center的散熱是與節能有直接相關的重要因素，其技術的推進可以降低營運成本並減少對環境的影響。也因此現在有許多各界的技術人員皆在積極推動該領域的研究。

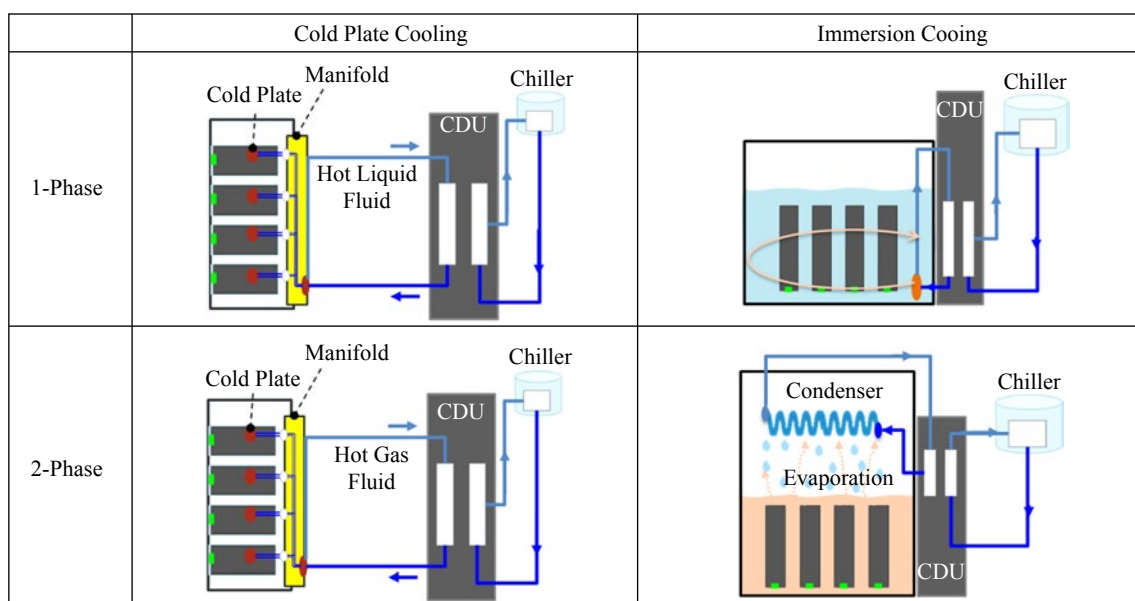
## 關於液冷

「液冷」是比起氣冷更有效率的冷卻方法之一，4種液冷技術如圖一所示。

單相DLC是使用水或防凍液等冷卻液，通過熱交換Unit來冷卻伺服器內熱源的

方式。雙相DLC則是以沸點低的氟化液作為冷卻液，通過熱交換Unit內部的相變進行熱交換的方法。上述兩個方法皆是將作為熱交換Unit的冷卻板配置在伺服器的熱源上，透過CDU輸送冷卻液的冷卻方式，將在冷板內溫度升高的冷卻液透過Chiller冷卻後循環的冷卻方案。

近年，為了進一步提高冷卻效率，直接將伺服器浸泡在冷卻液中的浸沒式冷卻進入了大家的視野。由於這些冷卻液直接與電子部件接觸，因此需要高絕緣性和可靠性。浸沒式冷卻的示意圖請見圖一右側。單相浸沒式冷卻使用沸點高的絕緣冷卻液，並具有使用Chiller來使冷卻液降溫的迴路。雙相浸沒式冷卻則使用沸點低的絕緣冷卻液，利用冷卻液與伺服器內熱源接觸發生氣化的潛熱來冷卻伺服器。氣化的冷卻液在槽內上方的冷凝裝置冷卻、液化，再次作為槽內的冷卻液循環。



▲圖一 Data Center用伺服器之主流液冷方式

▼表一 Data Center用伺服器冷卻液「DAISAVE SS-110」、「DAISAVE SS-49」、「DAISAVE SS-54」、「TSS-12」的物性值

Properties	Unit	DAISAVE Series			TSS-12 (In dev.)
		SS-110	SS-49	SS-54	
Boiling Point	°C	110	49	54	43
Freezing Point	°C	<-130	<-90	-92	<-94
Liquid Density	g/cm <sup>3</sup>	1.78	1.61	1.39	1.54
Kinetic Viscosity	mm <sup>2</sup> /s	0.95	0.36	0.4	0.37
Heat of Vaporization	kJ/kg	94*	98*	174*	115.4
Specific Heat	kJ/(kg·K)	1.03	1.10	1.31	1.16**
Thermal Conductivity	W/(m·K)	0.064	0.064	0.081	0.063
Coefficient of Expansion	1/K	0.0014	<0.002	0.0017	TBD
Dielectric Strength	kV	>40*	>40*	26*	TBD
Volume Resistivity	Ohm·cm	10 <sup>13</sup> *	10 <sup>16</sup> *	10 <sup>9</sup> *	TBD
Dielectric Constant @50 GHz	-	1.9*	1.8*	TBD	TBD
Flash Point	°C	None	None	None	None
GWP	-	<100**	<20**	101(AR4)	<50**

除非另有說明，否則代表性物性為25°C下的測試數據。以上所記載的數值僅為代表值，不是保證值。

\*室溫(20~25°C)下的測量值；\*\*計算值

## Data Center伺服器冷卻液開發

冷卻液作為Data Center伺服器的構成要素，不僅需要絕緣，還需具備各種特性，如熱傳輸能力和介電常數。我們開發了適用於Data Center的伺服器冷卻液「DAISAVE系列」，可滿足這些要求。冷卻液的特性如表一所示。

DAISAVE SS-110是沸點110°C的絕緣性液體，可作為單相浸沒式冷卻液使用。2026年2月上市的DAISAVE SS-49是沸點49°C的絕緣性液體，可作為雙相浸沒式冷卻液使用。DAISAVE SS-54是沸點54°C的液體，具有高蒸發潛熱，因此可作為雙相冷板冷卻液使用。開發品TSS-12與DAISAVE SS-54一樣，是具有高蒸發潛熱特徵的雙相冷板冷卻液。所有冷卻液的黏度均低於水和合成油，流動性優異，有助

於提高冷卻能力。另外，DAISAVE SS-110和SS-49的介電常數和介電損耗特別低，適合用於電子部件的浸沒式冷卻。

### 1. 冷卻液的材料相容性

Data Center伺服器中包含了許多部件，同時代表涵蓋了各種材料。特別是浸沒式冷卻，由於這些材料會與冷卻液直接接觸，因此冷卻液與各種材料之間的相容性測試數據就十分重要。「DAISAVE系列」與各種材料的相容性評估結果如表二所示。相容性的測試方法與條件如下。

①將各種材料的試驗片在冷卻液中浸泡7天。樹脂和橡膠的冷卻液溫度在室溫附近進行。金屬材料之測試溫度則分別為SS-54：50°C、SS-110：90°C、SS-49：40°C。

②取出試驗片輕輕擦拭表面冷卻液後，測量重量和體積，與試驗前之量測值

▼表二 Data Center伺服器冷卻液「DAISAVE SS-54」、「DAISAVE SS-110」、「DAISAVE SS-49」的材料相容性評估結果

Material	DAISAVE		
	SS-54	SS-110	SS-49
ABS	A	A	A
AS	A	A	A
PS	A	A	A
PMMA	C	A	A
PVC	A	A	A
PP	A	A	A
PE	A	A	A
PC	A	A	A
m-PPE	A	A	A
PET	A	A	A
PBT	A	A	A
PA6	A	A	A
PA66	A	A	A
POM	A	A	A
PPS	A	A	A
PTFE	A	A	B
FEP	A	A	A
PFA	A	A	B
ETFE	-	A	A
Epoxy glass	A	A	A
PF	A	A	A
CR	B	A	B
CSM	A	A	A
EPDM	B	A	A
IIR	B	A	A
NBR	C	A	A
NR	B	A	A
U	C	A	A
Aluminum	A	A	A
Copper	A	A	A
Brass	A	A	A
SUS304	A	A	A
Nickel	A	-	A

進行比較。

③與試驗前相比，體積或重量變化率在1%以下的為A，大於1%在5%以下的為B，大於5%的為C，進行了分級。

這些試驗表明，DAISAVE SS-54、SS-110及SS-49對各種樹脂、橡膠、金屬材料皆顯示出良好的相容性。在實際使用中，由於各種材料的形狀，加工方法和要求特性多種多樣，因此依然建議在使用前進行適當的相容性測試。

## 2. 冷卻液的長期熱穩定性測試

由於Data Center伺服器的冷卻液需要長期連續使用，因此使用的冷卻液必須長期不變質。冷卻液的熱穩定性測試結果如表三所示。熱穩定性的測試方法如下。

①將冷卻液放入SUS製容器中密封。

②將SUS製容器加熱到任意溫度。(DAISAVE SS-54, SS-49:80°C, DAISAVE SS-110:100°C)。

③每隔一段時間取出SUS製容器內的冷卻液，測量冷卻液分解產生的氟離子濃度。

在該試驗中，從SS-54、SS-110及SS-49中幾乎檢測不到氟離子。這表示SS-54、SS-110以及SS-49幾乎不發生熱分解。通常GWP低的物質具有在大氣中容易分解的性質，特別是在高溫下更有氟離子增加的傾向，但SS-54、SS-110及SS-49雖然是具有較低GWP的氟化合物，卻顯示出優異的熱穩定性。

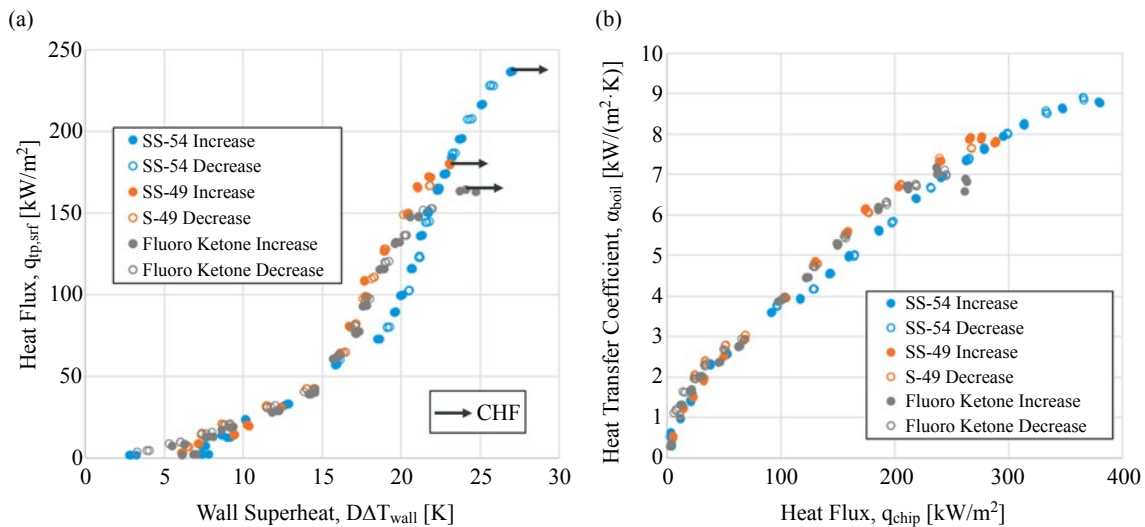
## 3. 沸騰熱傳輸率測試

具有高冷卻效率的雙相式冷卻，其原理為與熱源接觸的冷卻液沸騰、透過汽化潛熱進行冷卻。為了測試冷卻性能，敝司進行了沸騰熱傳輸率的測試。沸騰熱傳輸率的測試結果如圖二所示。

從測試數據中可以發現DAISAVE

▼表三 DAISAVE SS-54、SS-110及SS-49的熱穩定性測試結果

DAISAVE SS-54			DAISAVE SS-110			DAISAVE SS-49		
Period [month]	Purity [GC area%]	F ion [ppm]	Period [month]	Purity [GC area%]	F ion [ppm]	Period [month]	Purity [GC area%]	F ion [ppm]
0	>99	<0.1	0	>99	<0.1	0	>99	<0.1
6	>99	<0.1	1	>99	<0.1	1	>99	<0.1
12	>99	<0.1	3	>99	<0.1	3	>99	<0.1


 ▲圖二 沸騰曲線及沸騰傳輸率的試驗結果，(a)沸騰曲線。縱軸的熱通量為 $\Phi 20$  mm沸騰傳熱面表面的平均值，縱軸為沸騰表面的過熱度。CHF表示臨界熱通量。(b)傳熱率。縱軸的傳熱率為 $\Phi 20$  mm沸騰傳熱面表面的平均值。橫軸為通過14 mm見方的銅塊的熱通量，模擬來自CPU的熱通量（晶片熱通量）

SS-49具有與沸騰冷卻中使用的Fluoro Ketone相同的熱傳輸率。關於臨界熱通量，按照Fluoro Ketone < SS-49 < SS-54的順序顯示出較高的趨勢。特別是SS-54與其他試料相比，顯示出明顯較高的臨界熱通量。由上可知，DAISAVE SS-54和SS-49在沸騰冷卻用途中具有足夠的冷卻性能。

## 結 論

用於高效率液冷的DAISAVE SS-54、SS-110、SS-49和TSS-12具有雙相冷板、單

相浸沒和雙相浸沒式冷卻所需的特性。還發現它具有適合長期使用的熱穩定性和各種材料的高相容性。作為雙相冷卻的基本性能的沸騰傳熱率與傳統的氟化液相當，但臨界熱通量卻能高於傳統的氟液體。

在未來，我們將進一步使用實際量產冷卻裝置進行測試，讓世界看到大金有各種方式能為Data Center、熱管理業界做出貢獻。

※『DAISAVE』為Daikin Industries, Ltd.之登錄商標。