

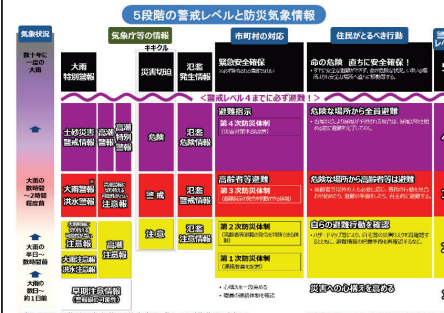
第44回鹿大防災セミナー

超高輝度・省エネ型FGHP®ライトによる防災・減災への貢献

鹿児島大学理工学域工学系  
准教授 水田 敬

防災・減災における照明の役割

近年、大雨や台風による災害は毎年発生している



- ・警戒レベルに応じて危険地域からの避難が求められる
- ・基本的には昼間に避難すべきだが、急な雨量の増加などにより、夜間に避難しなければならない状況も想定される
- ・夜間から翌朝にかけての避難は**視界が悪く極めて危険**である
- ・万が一夜間に避難しなければならない状況が生まれた場合でも、**避難経路における視界が確保されていれば人的被害の拡大を阻止できる可能性がある**
- ・対処すべき地域は広範にわたり、非常用電源で運用されることも想定すると、**少ないエネルギーで照明を確保できることは、防災・減災に対して極めて有効である**
- ・土砂崩れなどの災害発生後の**復旧作業においても、省エネ型の照明は有効である**

超高輝度・省エネルギー型のLED照明を実現し、  
**防災・減災に貢献する**

超高輝度・大光量LED照明の実現を阻害する要因とは？  
～熱がLEDの足を引っばっている！～

LEDでは投入した電力の  
半分程度が「熱」になる

LED電球



電力が小さいので  
これまでの技術でOK!

大光量LED照明

大量の電力を投入するので大量の熱が発生!

従来技術ではこの大量の熱に対処できず、  
LED本来の性能を発揮できなくて「暗い!」

どうすれば「明るく」なるのか？  
～原理・原則からのソリューション検討～

蛍光灯

蛍光灯全体から光が出る  
(発光面積大)

(東芝ライテック社製)

40 W×2本 = 80 W

レーザーポインター

点のような大きさで光が出る(発光面積小)

(コクヨ社製)

0.45 mW=0.00045 W

レーザーポインターは蛍光灯の18万分の1のエネルギーなのに  
**蛍光灯よりも明るい!**

明るさを感じる仕組み  
(目の知覚原理)

光の明るさ ≠ 光の量(ルーメン)  
光の明るさ = 光の密度(W/m<sup>2</sup>)

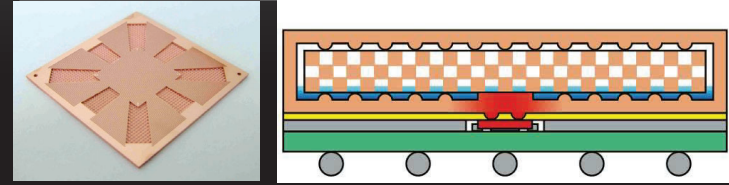
レーザーポインターは光の密度が高いから明るい!

**LEDを高密度実装して光の密度を上げても熱がこもらなければ、LED照明はもっと明るくなる!**

「冷やす」ための技術  
FGHP®テクノロジーについて

高い熱密度に対応するために開発された  
積層型ベーパーチャンバーFGHP®について

- ・ 内部にマイクロヒートパイプ構造を有する積層型ベーパーチャンバー
- ・ 微細エッチング加工技術により、ウィックを形成するため、精密な構造制御が可能(=従来技術に対するアドバンテージ)

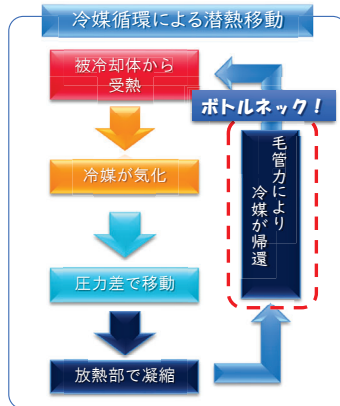
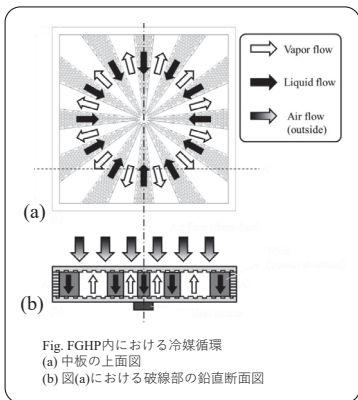


(i) Inner structure (ii) Coolant circulation

Fig. FGHP(Fine Grid Heat Pipe) heat pipe heat spreader.

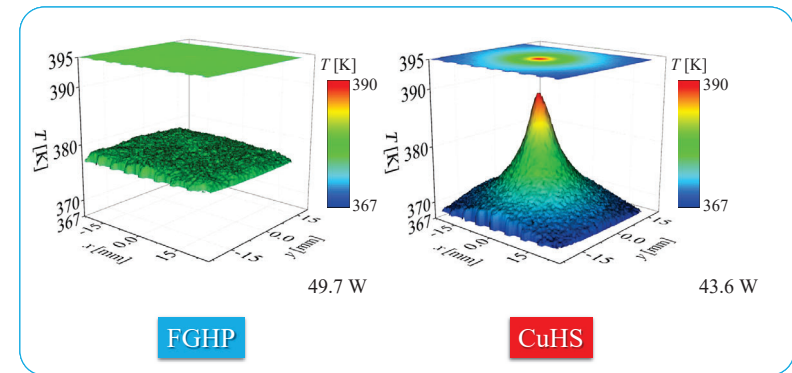
ベーパーチャンバー構造により熱を  
拡散させることによって、温度上昇を抑制

新たな放熱技術「ベーパーチャンバー」への挑戦  
~どうやって高性能な「冷やす」技術を実現するか?~



ボトルネック(=最も性能が低い箇所)となっている冷媒循環の効率を向上させるために内部構造を最適化することで高性能化を実現!

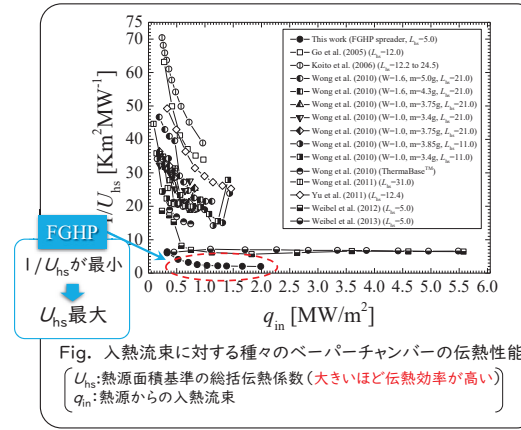
FGHPと銅板との温度平滑化効果の比較  
~サーモグラフィによる上面温度測定結果~



## 種々のベーパーチャンバーとの比較

Author	Vapor chamber type			Dimension				Heat input [W]	Thermal characteristics	
	Casing material	Working fluid	Wick material	Spreader	Heat source	Ratio	Thermal resistance or effective thermal conductivity		The best case in the respective research.	
This work	Copper	Water	Copper plates manufactured by etching technique	50x50x2.0	2500	5x5	25	0.01	49.7	0.080 KW <sup>2</sup>
S. W. Kang et al. (2004)	Copper	Methanol	Copper plate manufactured by etching technique	31x31x2.7	961	13.97x13.97	195	0.20	45	1.09 KW <sup>2</sup> , Fig. 8, groove 82%
Joon-Sun Gu (2005)	Aluminum	Acetone	Stainless steel manufactured by etching technique	83.1x69.1x3.5	5742	12x12	600	0.10	140	0.236 KW <sup>2</sup> (evaporator), Fig. 6(b)
Yasushi Koito et al. (2006)	Copper	Water	Sintered copper powder (porosity: 40%)	76.2x88.9x4.6	6774	24.5x24.5	600	0.089	144	The effective thermal conductivity in the liquid-wick region, $k_{eff}$ is 8.32 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .
Yoshiaki Koito et al. (2006)	Copper	Water	Sinter made of copper powders (porosity: 40 %)	76.2x88.9x4.6	6774	12.2x12.2	149	0.022	24-220	The effective thermal conductivity in the liquid-wick region, $k_{eff}$ is 8.32 Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> , Fig. 10
C. L. Nix (2008)	Copper	Water	Parallel plate	42x35	1470	-	-	-	50-420	0.118 KW <sup>2</sup> (heat sink total), Fig. 7
Yen-Shu Chen et al. (2009)	Copper	Ethanol	Sintered copper powders has a thickness of 0.5 mm and a porosity of 0.36	86x71x5	6106	10x10	100	0.016	30-60	$R_{eff}$ [KW <sup>-2</sup> ] 0.0357 (aspect ratio 0.512) Orthotropic approach $k_x$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] 4x74 $k_y$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] 2316.1, Table 1
Hong Yi Li et al. (2010)	Copper	Water	Mesh	87.4x92.4	8059	-	-	-	30	0.143 KW <sup>2</sup> , Fig. 6
Hong-Chang Wang et al. (2010)	Copper	Water	Porosity of the capillary structure in the interior of cavity is under 0.5	90x90x3	8100	90x71	6390	0.79	60-180	965 Wm <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , at 55 CFM, Conclusion
Shin-Chang Wang (2010)	Copper	Water	200 mesh x 1 or 2 wicks 100 mesh with parallel channel of 1.0 mm (W1.0), 1.6 mm (W1.6), 2.0 mm (W2.0) width, triangle cross section	100x80x1.0-1.5	8000	11x11	121	0.015	17-365	0.0429 KW <sup>2</sup> , Fig. 8
Shin-Chang Wang (2011)	Copper	Water, methanol, acetone	Bottom: 200 mesh, top: 100 mesh with parallel channel of 1.0 mm width, triangle cross section	100x80x1.0-1.5	8000	21x21	441	0.055	17-365	0.027 KW <sup>2</sup> (Water, 9.61 cm <sup>2</sup> ), Fig. 8a
Xiaoling Yu et al. (2011)	Copper	Water	Sintered copper powder	Φ50	1963	12.4x12.4	154	0.078	200	0.173 KW <sup>2</sup> , Table 2
Qingjun Cai et al. (2012)	Silicon	Water, ethanol	Silicon	38x38x3	1444	30x4	120	0.08	4.5-10	0.110 KW, Table 2, Sample D (Obtained from 1D heat transfer experiment)
Justin A. Weibel et al. (2012)	Copper	Water	CNT, partially opened plate	25.4x25.4	645	5x5	25	0.039	6-140	0.223 KW <sup>2</sup> , G9 (Grid pattern), Fig. 5a
Justin A. Weibel et al. (2012)	Copper	Water	Integrates conventional copper screen mesh and carbon nanotubes	25.4x25.4x1, substrate	645	5x5	25	0.039	5-138	0.25 KW <sup>2</sup> , Fig 7

## 世界一「熱を逃がす」能力の高いFGHP



FGHP®は、焼結メタルやメタルメッシュ、あるいは、カーボンナノチューブをウイックに用いたベーパーチャンバーに比べて、熱抵抗が大幅に小さい\*

\*世界的な伝熱学会誌であるApplied Thermal Engineeringにおいて他のベーパーチャンバーに対する優位性が示された (vol. 104, pp. 461-471 (2016))



## 徹底的に「冷やす」技術であるFGHP®テクノロジー ~LEDの熱問題に対する決定的なソリューション~

World's Highest Performance

49.7 W (FGHP) vs 43.6 W (銅製ヒートスプレッダ)

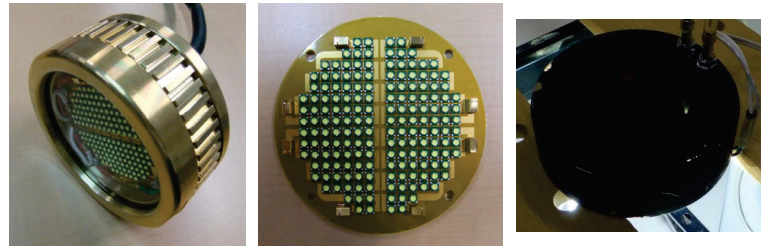
- FGHP®はベーパーチャンバーの一種で、「熱を逃がす」能力と熱を伝える能力<sup>1,2</sup>が、いずれも世界一であることが著名な伝熱学会誌で認定<sup>1,2</sup>されました
- FGHP®及び周辺技術に関して多数の特許を取得済みです

<sup>1</sup> 全熱源面積基準の熱伝達率が世界一である。世界的な伝熱学会誌であるApplied Thermal Engineeringにおいて認定(vol. 104 (2016) 461-471)  
<sup>2</sup> 変換温度が90°Cを超える際の面方向熱伝導率の値。世界的な伝熱学会誌であるApplied Thermal Engineeringにおいて認定(vol. 146 (2019) 943-853)

FGHP®テクノロジーでよく「冷やす」ことにより  
**超高輝度・大光量LED照明の高い信頼性を実現する!**

## FGHP®テクノロジーによる LED熱問題の解決

## FGHPテクノロジーによって 高密度実装型LED水中照明を実現

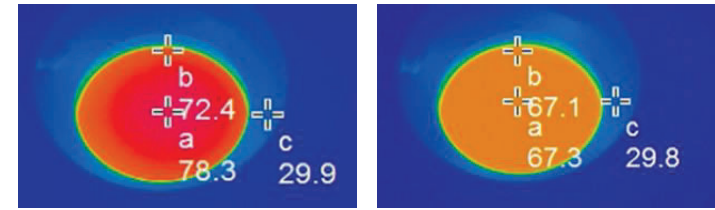


(a) 全体図 (b) LEDを実装したFGHP基板 (c)ウォータージャケットを装着した受熱部

Fig. 水中LED筐体の試作サンプル

従来技術を用いた場合に比べて約25倍の高密度実装を実現

## FGHPテクノロジーで「冷やす」ことによって 高密度実装型LED水中灯での熱問題を解決



(a) 銅製基板 (a) FGHP製基板

Fig. 銅製基板とFGHP製基板との比較

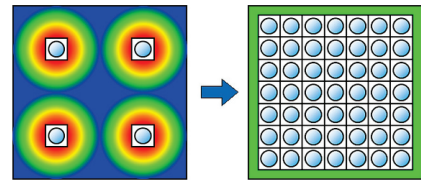
FGHPを用いた基板では熱がこもっておらず  
高密度実装してもLEDの熱問題は発生しない!

## FGHPテクノロジーで「冷やす」と よく「光る」=省エネに!

### 2. 今回の成果

#### 【1】高性能放熱システムによりLED照明の熱問題を解決

本報告においては、第一に、熱伝導性に優れたフラットトップハイブリッドのFGHP (Fine Grid Heat Pipe) LED実装基板として採用している事によってLEDから発生する熱を速やかに伝導させること、第二に、基板内部の熱伝導路を最適化して非期待に熱が外部へ逃げるのを防止し、熱の放出を可能とすることによって、高性能放熱システムを実現し、従来のLED照明が抱えていた、熱による熱問題の解決に成功しました。使用した特許「モレック」系入り銅フラットトップハイブリッドは、内部構造を確かな構造で形成しているため、熱伝導の経路、幅、厚さなどの最適化が図られています。さらに、電圧の差が熱伝導路の厚さに大きく影響するようには設計されていないため、既存のフラットトップハイブリッドで電線と比べて、熱伝導率による性能差がなく、種別品に比べて大きな下りインピーダンスとなります。



(左) 従来も、熱が高濃度、音が低濃度であることを示す

熱伝導性が不足して熱がこもるため、問題を解決して実装させることが、高密度化の実装が困難であった

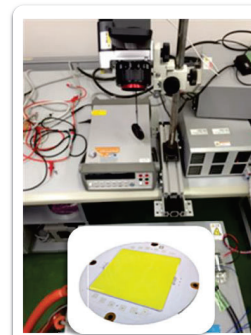
熱が速やかに外部へ排出されるため、高密度実装が可能となり、高輝度化を実現した

図1 本技術により実現される高密度LED実装イメージ (NEDOプレスリリースより)

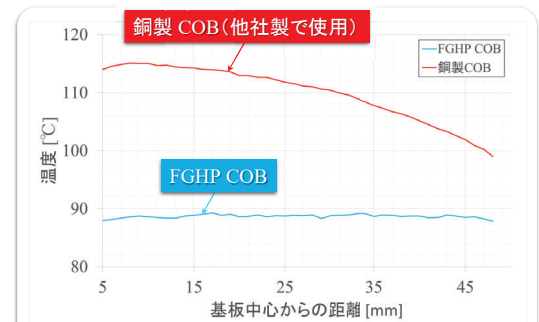
FGHPを用いた放熱システムを用いることによって、LEDの高密度実装が可能となり、従来のLED照明と比べて大幅な高輝度化を実現

従来型照明比で、**95%の省エネ化を実現**

## FGHPテクノロジーによって 高密度実装型LED気中照明を実現



基板裏面を液冷チャンバーにより冷却し、基板表面温度をサーモグラフィにより測定 (加熱、冷却条件は同一)

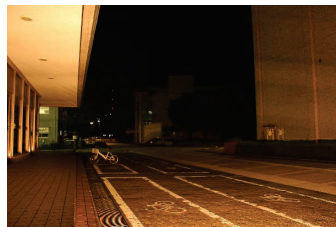
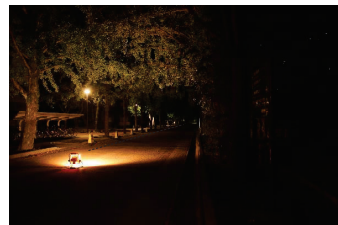


・銅製COBでは基板内温度ムラが16Kと非常に大きいのに対し、FGHP COBでは、温度ムラはほとんどない  
・FGHP COBの基板最高温度は、銅製COBに比べて、26 K程度低い(10 K下がると寿命は2倍になる)

FGHP®テクノロジーでよく「冷やす」とよく「光る」

ipor chamber group

ハロゲン型投光器800Wの場合



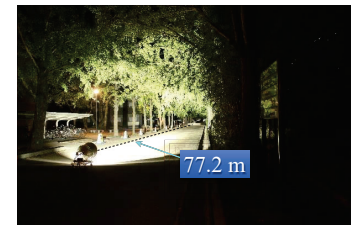
全体的に暗く、ライト周辺のみ  
にしか光がとどいていない

鹿児島大学キャンパス。Canon製デジタル一眼レフカメラ(EOS-Kiss X5)で固定露光・シャッタースピードにて撮影

FGHP®テクノロジーでよく「冷やす」とよく「光る」

ipor chamber group

FGHPライト(投光器型570W)の場合



FGHPを用いることによって  
LEDの熱問題を解決!

水銀灯比:80%以上省エネ  
他社製LED照明比:50%以上省エネ

よく「冷やす」ことによって  
よく「光る」=省エネを実現!

鹿児島大学キャンパス。Canon製デジタル一眼レフカメラ(EOS-Kiss X5)で固定露光・シャッタースピードにて撮影

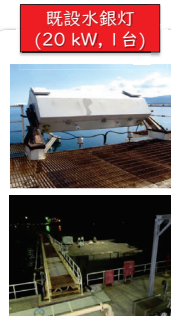
従来型LED照明よりも格段に明るい

Vapor chamber group

これまでのLEDでは不可能であった超高輝度分野でも  
FGHP®ライトなら最小限の台数で必要な照度を実現



ENEOS喜入基地様



既設水銀灯  
(20 kW, 1台)

94%  
省エネ!



FGHP®ライト  
(0.57 kW, 2台)

16台のFGHP®ライトにより、東京ドーム4.1個分の森林面積が  
吸収する量に相当するCO<sub>2</sub>の削減が達成された\*

\*1, 2, 3, 4号機橋合計

従来型LED照明よりも大幅に省エネ

Vapor chamber group

水銀灯比で80%以上、これまでのLED照明比でも50%以上の高い省エネ化を実現

高校体育館の場合(バスケットコート2面)

他社製LEDライト事例  
56台のライトで  
約7.3 kW  
A社の標準事例

53%省エネ!

FGHP®ライト  
6台のライトで  
3.4 kW



鹿児島県立額娃高等学校様

ゴルフ練習場の場合(200ヤード程度)

他社製LEDライト事例  
25台のライトで  
約19 kW  
A社の標準事例

91%省エネ!

FGHP®ライト  
3台のライトで  
1.7 kW



グリーンスポーツガーデン様

## 復旧工事現場などで用いられるバルーンライトとの比較 ～写真での比較～

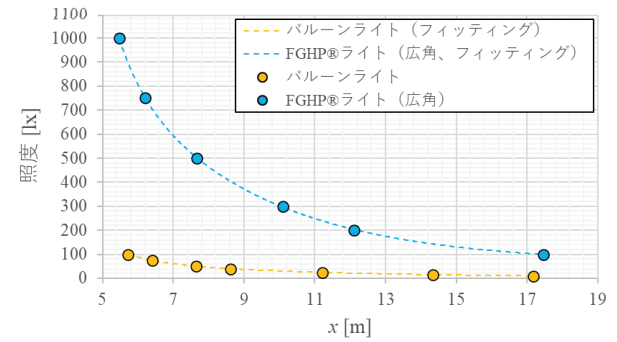
稲盛会館



図 FGHP®ライトとバルーンライトとの比較  
(同じ露光・シャッタースピード・ISO感度で撮影)

- ・バルーンライトはライト付近のみしか光が届いていない
- ・FGHP®ライトの場合は広い角度で明るくなるだけでなく、30m先の稲盛会館まで光が届いており、**広範囲へ光を届けられる**

## 復旧工事現場などで用いられるバルーンライトとの比較 ～照度測定結果～

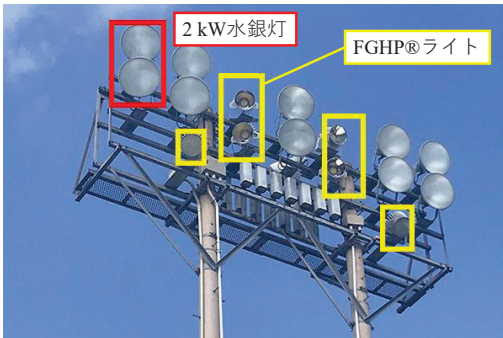


FGHP®ライトはどの地点でも  
バルーンライトの  
約10倍の明るさを実現している



FGHP®ライトにより  
**少ない台数で**  
**必要な照度を確保可能**

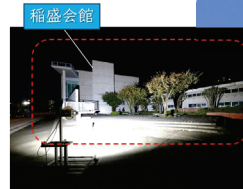
## FGHPテクノロジーによるカーボンニュートラルを体感する ～鹿児島大学カーボンニュートラル実証フィールド～



鹿児島大学トピックスより  
(<https://www.kagoshima-u.ac.jp/topics/2022/07/led.html>)

- ・FGHP®テクノロジーがカーボンニュートラル社会実現に貢献する様子を体感するための実証フィールド
- ・既設の**水銀灯20 kW**(=2kW×10台)を**FGHP®ライト3.4 kW**(=570 W×6台)で置き換え**83%以上の省エネを実現し、20%以上明るくなった**

## まとめ



FGHP®テクノロジーによって**LEDの熱問題を解決**することにより、従来のLEDに比べて**格段に明るく省エネ型のLED照明を実現**することができた

超高輝度・省エネルギー型のFGHP®ライトにより、**防災・減災への貢献を実現する**