



宇興碳素股份有限公司
UC Bacon Company Ltd.

石墨烯與紡織的交會

- 利用石墨烯提升織物熱舒適性的現況與機會 -

吳定宇



吳定宇

大同大學材料工程系博士

宇興碳素股份有限公司 經理

Tel: 3-4206869

E-mail: tywu.002@ucbacon.com.tw

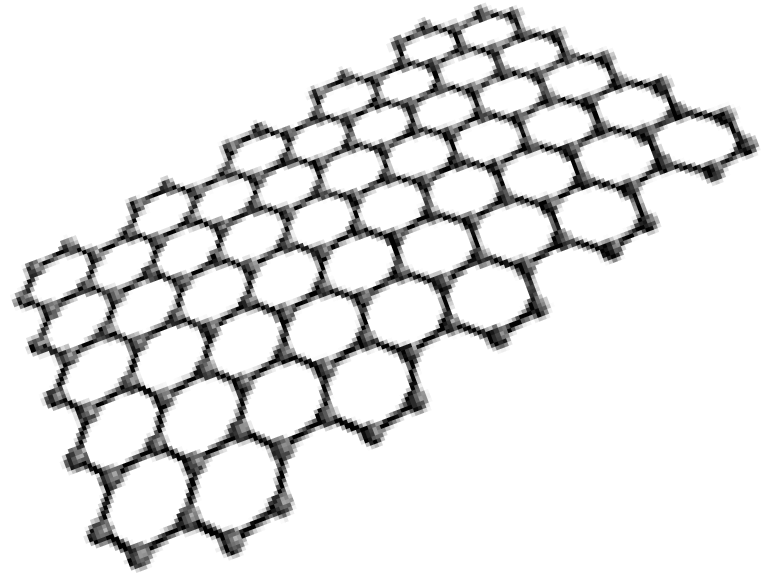
- 現任 宇興碳素股份有限公司 經理
- 歷任紡織產業綜合研究所產品部機能組組副組長、資深研究員、研究員
- 成功發展具有高度競爭優勢與世界第一產能的石墨烯原料量化合成技術，並導入相關利基紡織產品技術發展。
- 推動紡織所投入開發高耐熱陶瓷纖維及高模量瀝青碳纖維製技術基礎研究
- 103年度紡織產業綜合研究所新人獎
- 104年度紡織產業綜合研究所創新研發獎。
- 紡織所多項創新前瞻研究計畫主持人及關鍵計畫分項計畫主持人
- 國內外專利申請18篇，獲證8篇。
- 發表國內外期刊8篇(3篇SCI論文)及研討會論文32篇。
- 曾成功推動6廠家次技術輔導，促成廠商達1億元的衍生研發投資金額。

What Graphene is ..

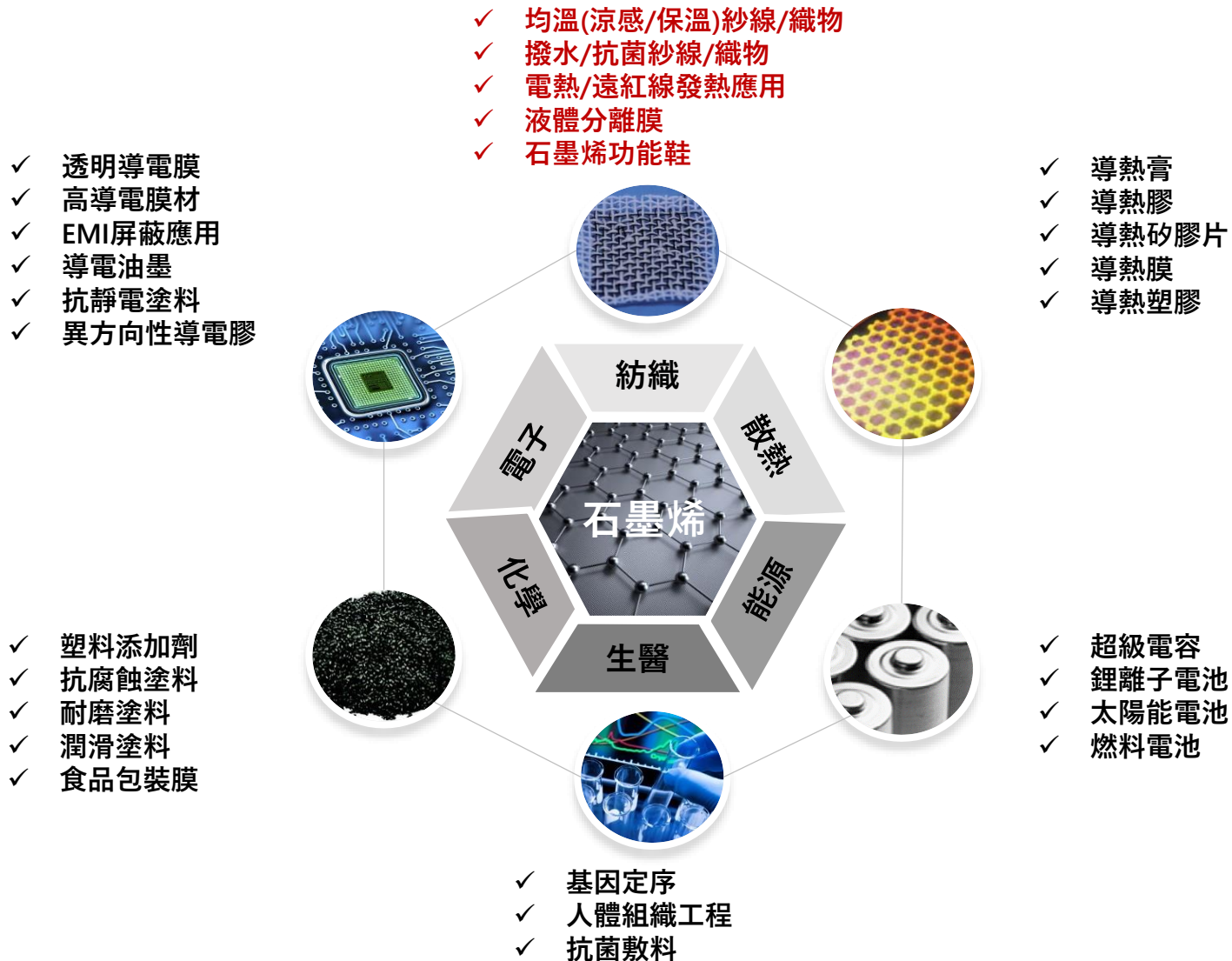
Graphene is a two-dimensional materials with a sheet structure stacked by one or few graphene layers.

Properties

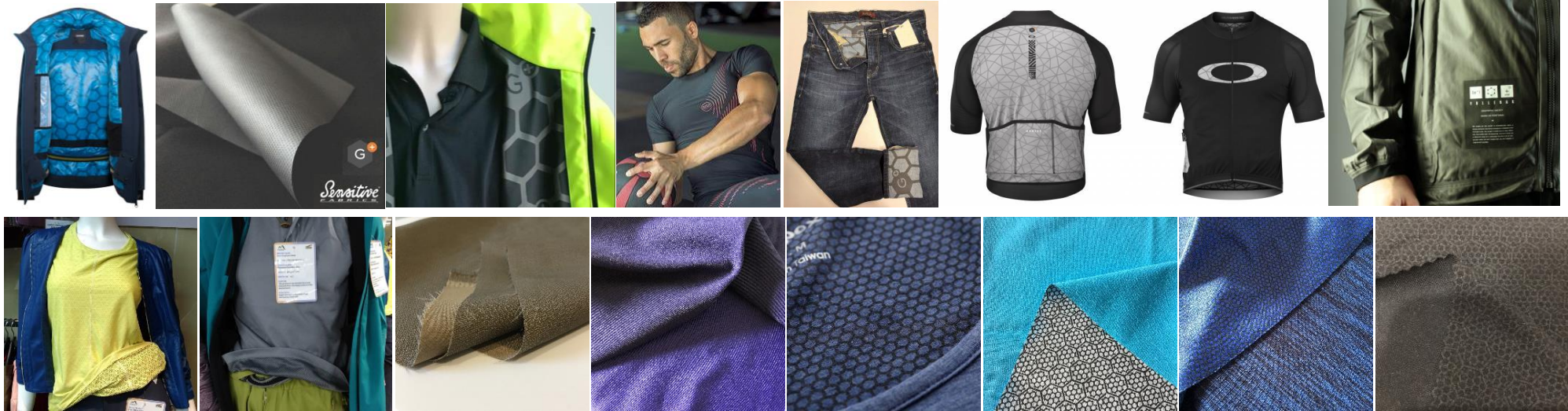
- ✓ High thermal conductivity: $\sim 5000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (calculated)
- ✓ High optical transmittance: $\sim 97.7\%$
- ✓ High intrinsic carrier mobility: $200,000 \text{ cm}^2\text{v}^{-1}\text{s}^{-1}$
- ✓ High specific surface area: $2630 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$
- ✓ High Young's modulus: $\sim 1.0 \text{ Tpa} > \text{steel}$ (200 GPa)



石墨烯已被報導之可能的應用產品



Current Status for "Graphene in Textile" in Global



<p>促进睡眠、呵护颈椎、抑菌除螨、美肤润发</p>	<p>护肩暖膝、抑菌亲肤、祛湿透气、消除静电</p>	<p>亲肤护脚、吸附异味、消除脚臭、缓解脚气</p>	<p>促进睡眠、呵护颈椎、抑菌除螨、美肤润发</p>
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

<p>规格: 75D/36F 石墨纤维染色长丝</p>	<p>规格: 75D/36F 石墨纤维染色长丝</p>	<p>规格: 70D/24F 石墨纤维染色长丝</p>	<p>规格: 70D/24F (染色) <... 石墨纤维染色长丝</p>	<p>型号: 04-310 石墨纤维手套</p>
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--	------------------------------

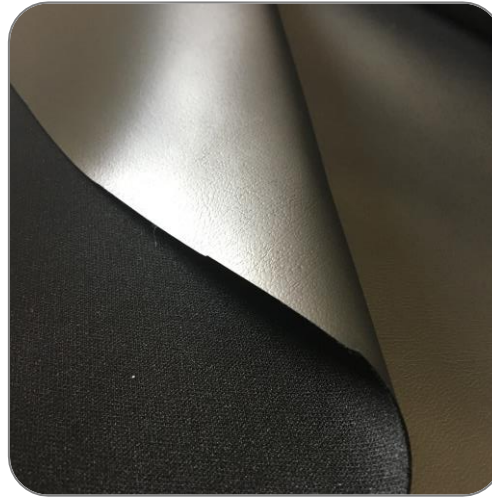


Route for Graphene into Textile application

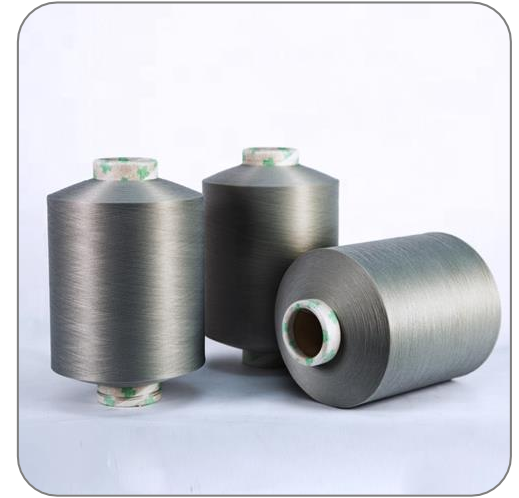
石墨烯進入紡織應用的三種路徑：印花糊料、貼合薄膜、纖維織造



Graphene Based garments



Graphene Based Membrane



Graphene Based Yarns



*石墨烯在紡織品上的應用的迷思

✓ 迷思一：石墨烯的功能到底是甚麼？是發熱？保暖？調溫？還是涼感？

→ 石墨烯就是一個高導熱的材料，所以織物的保溫或涼感的性能是取決於石墨烯與織物結構的交互作用

✓ 迷思二：石墨烯有優異的遠紅外線性能，所以應該拿來做保暖的應用？

→ 石墨烯有遠紅外線的性能(發射率約為0.9-0.93)，但相較於傳統發熱等材料(發射率0.88-0.91)相差不大。

✓ 迷思三：石墨烯到底是抗菌？還是抑菌？功能性價比如何呢？

→ 石墨烯可以抑制細菌生長，所以可以稱有抑菌性能，但相較於商用抑菌劑而言，性價比競爭力較薄弱。

✓ 迷思四：石墨烯可以抗紫外線？

→ 石墨烯是吸收紫外線(特別是小於350nm)，吸收率高達90%；而且其高遠紅外線放射率將會把吸收的熱量放出。



一般石墨烯業者沒有/沒辦法告訴大家的事情

✓ 石墨烯原料的成分是什麼？會有讓品牌客戶有疑慮的物質嗎？生產製程符合現在環保潮流嗎？

→ 石墨烯的純度及雜質的含量多寡，與來源產地及生產製程息息相關。傳統用化學酸法方式製造的石墨烯，內含有大量的硫、鉻、錳、鋁、氯等元素，其實不利於在紡織產業使用。

→ 傳統的用化學法生產石墨烯的製程耗能廢水不環保(生產1噸石墨烯會產生2500噸廢水)，也不符合環保趨勢。

宇興碳素使用的純物性剝離製程，過程中不用任何酸鹼或溶劑進行生產，無上述的具疑慮的有害物質

✓ 石墨烯在產品應該要怎麼用？供應商可以提供甚麼樣的協助呢？

→ 宇興碳素從原料、纖維至後端應用加工自行開發及製造，並已配合許多紡織業的客戶進行開發驗證工作，可快速協助客戶進行開發打樣及性能驗證工作。

不只是您的供應商，更是您的研發夥伴



公司基本介紹

宇興碳素公司為專業石墨烯製造商，生產石墨烯原材及相關石墨烯功能性產品



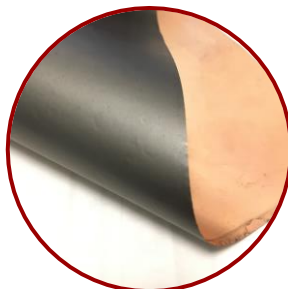
Graphene powder

- Excellent crystallinity
- Higher purity
- Stable quality



Graphene Suspension

- Higher solid concentration
- Excellent rheology control
- Diversified solvent option



Graphene Film/Membrane

- Excellent heat dissipation capability
- Good electrical conductivity
- Good Mechanical property



核心產品組合

產品類別	型式	等級	產品型號	產品說明
石墨烯原材	分散液	標準型	Uniperse	石墨烯含量20%以上；可分散於8大常見溶劑體系；分散漿黏度範圍可在500-20000 cps間選擇
石墨烯薄膜	薄膜	均溫薄膜	UniTran	適用於薄型化電子元件散熱需求



石墨烯懸浮液 - UniPerse



石墨烯均溫膜 - UniTran



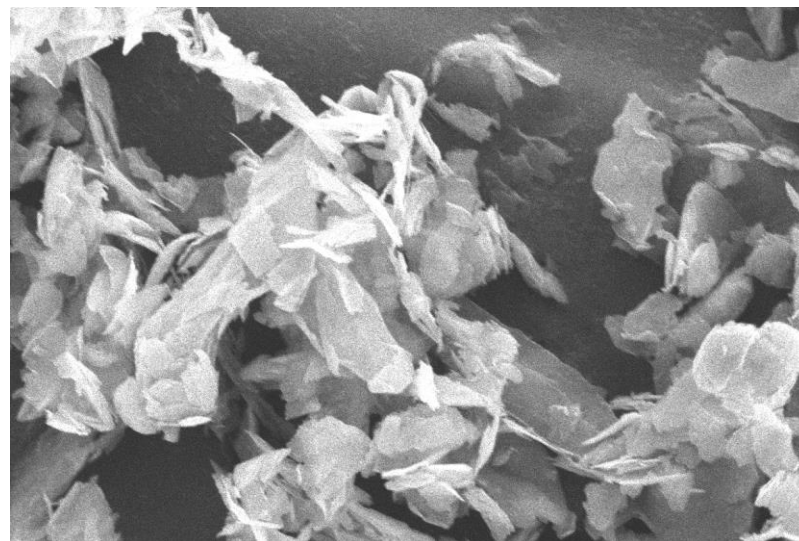
石墨烯粉體

宇興碳素生產之石墨烯是無氧、高結晶性的高品質石墨烯粉體

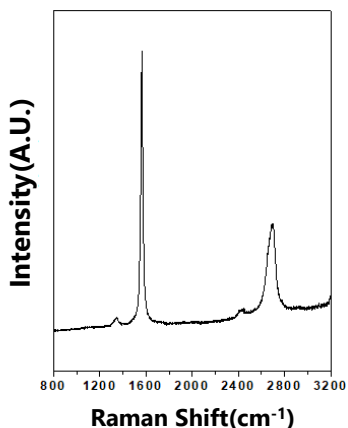
基本性質

項目	特性
外觀	銀黑色粉體
基面尺寸 (μm)	3 - 10
層數	4 - 10
碳含量 (%)	> 99.5
吸水率 (%)	≤ 0.5
體密度 (g/cm^3)	0.03 - 0.1
真密度 (g/cm^3)	2.25
氧含量 (%)	< 0.1 %
比表面積 (m^2/g)	25-50

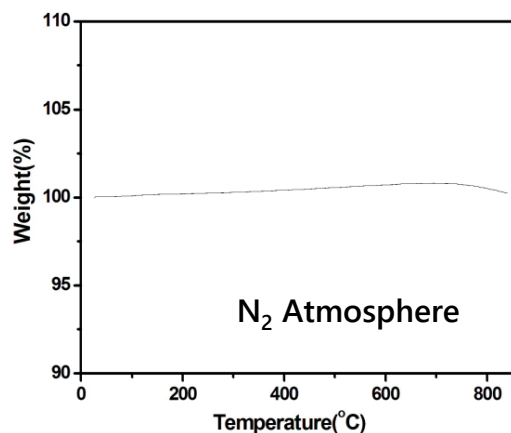
(a) SEM Analysis



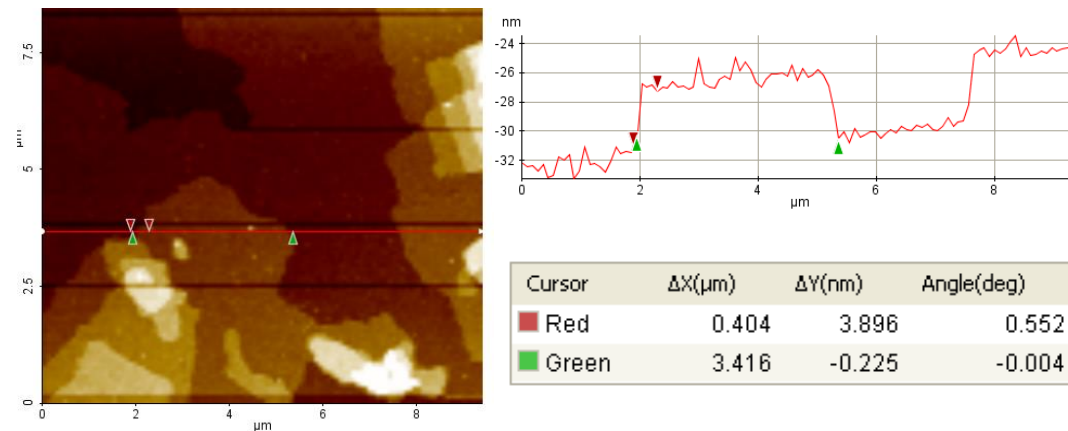
(b) Raman analysis



(c) TGA Analysis



(d) AFM Analysis



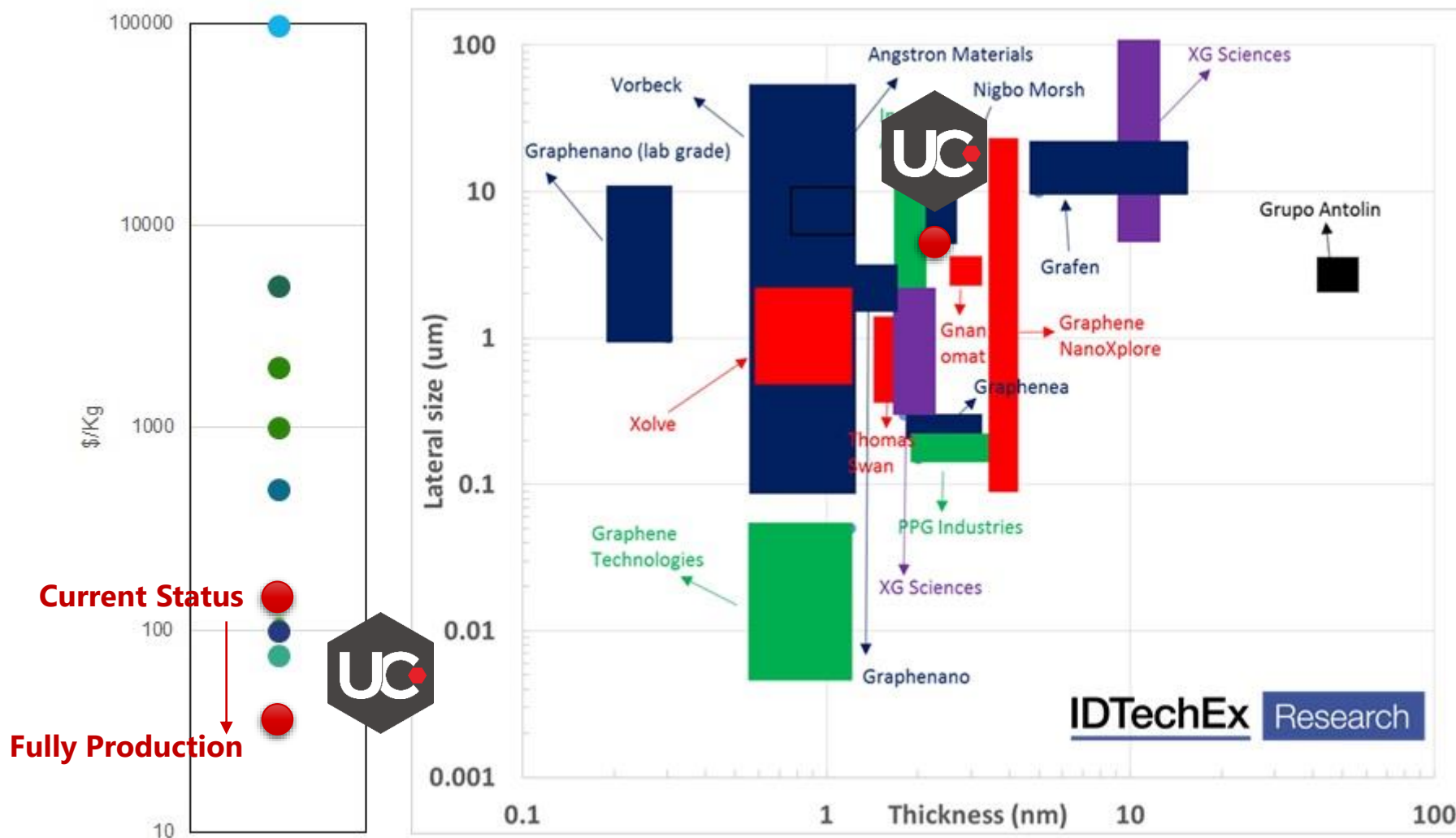
宇興石墨烯粉體與市售品的比較

項目	宇興碳素(DCP)法	其他物理(機械)剝離法	化學氧化還原法
外觀狀態	粉狀	通常為液狀(固含量<8%)	粉狀
層數	4~10層	10~50層	1~20層
片徑	5-10 μm(95%) ; 3-5μm(5%)	3~20 μm	3~20 μm
結構性	基面完整無損	基面完整無損	基面分布不規則孔洞
官能基含量	通常< 1 %	通常< 1 %	2-90%(環氧基-60-70% ; 羧基20-25% ; 羥基5-10%)
吸水性	低, 正常低於1%	低, 正常低於1%	高, 通常大於1%
產品適用性(主要)	導電, 散熱、阻隔等傳導性需求	導電, 散熱、阻隔等傳導性需求	機械性能等性能需求
生產公司	宇興碳素	安炬、廈門凱納、DirectPlus、Talga等	AMI、XG-science、寧波墨烯、常州第六元素、Grapheneo、Graphenea等



宇興碳素石墨烯粉體產品競爭力分析

宇興碳素之石墨烯是高品質且具價格競爭優勢的石墨烯產品



Heavy metal and toxic elements test of UC's graphene material



Textile Laboratory

Test Report

No: TX20865A /2019 /SP

Date: Feb. 27, 2019

Page 2 of 2

Test Results:

EN 71 Part 3:1994 + A1:2000/AC:2002 – Migration of Certain Elements

Method : With reference to EN 71 Part 3:1994 + A1:2000/AC:2002. Analysis was performed by ICP-OES.

Test Item	Result (mg/kg)		Detection Limit (mg/kg)
	1		
Soluble Lead (Pb)	ND		5
Soluble Antimony (Sb)	ND		5
Soluble Arsenic (As)	ND		2.5
Soluble Barium (Ba)	ND		10
Soluble Cadmium (Cd)	ND		5
Soluble Chromium (Cr)	ND		5
Soluble Mercury (Hg)	ND		5
Soluble Selenium (Se)	ND		10

Sample Description :

- One sample of graphene powder

- Note :
1. mg/kg = milligram per kilogram
 2. ND = Not Detected
 3. Results shown are of the adjusted analytical result

Tested by relevant SGS laboratory.

Sample Photo



*** End of Report ***

Method : With reference to EN 71 Part 3:1994 + A1:2000/AC:2002. Analysis was performed by ICP-OES.

Test Item	Result (mg/kg)		Detection Limit (mg/kg)
	1		
Soluble Lead (Pb)	ND		5
Soluble Antimony (Sb)	ND		5
Soluble Arsenic (As)	ND		2.5
Soluble Barium (Ba)	ND		10
Soluble Cadmium (Cd)	ND		5
Soluble Chromium (Cr)	ND		5
Soluble Mercury (Hg)	ND		5
Soluble Selenium (Se)	ND		10

Non detection for the common 8 heavy metal !

Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested, and such sample(s) are retained for 3 months only. This test report cannot be reproduced, except in full, without prior written permission of the Company.
 This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at www.sgs.com/terms_and_conditions.htm and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at www.sgs.com/terms_and_conditions/Terms_e-Documents.
 Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained herein reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not constitute parties to a transaction from assessing all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.
 SGS Taiwan Ltd. No. 31, Wu Chyuan Road, New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, Taiwan (新北市五股區吳厝港路31號)
 台灣SGS檢驗有限公司 電話 (886-2) 2299-3939 傳真 (886-2) 2299-3227 www.sgs.com
 Member of the SGS Group



產品介紹-石墨烯懸浮液<UniPerse>

宇興碳素是目前唯一可針對常用八大工業用溶劑，提供具有穩定懸浮特性與高固含量特徵的石墨烯懸浮液產品，石墨烯固含量可達20wt% (部分溶劑可達30wt%以上)，經適當剪切混合程序可重新分散、稀釋，或與其他相容溶劑互溶使用。



基本性質

項目	性質
外觀	濃稠溶液
透明	不透明
片徑 (μm)	≤ 1.0
層數 (layer)	≤ 5層
濃度 (wt%)	20 - 40
溶劑種類	有機溶劑及水 (八大溶劑體系)
黏度範圍 (cps)	500-30000
穩定懸浮期 (天)	> 90



UniPerse系列產品 適用的產業類別

產業類別	產品型式	加工方法及需求
散熱應用 	<ul style="list-style-type: none">✓ 導熱膏/膠✓ 散熱噴漆✓ 均溫導熱膜✓ 均溫貼合膜	<ul style="list-style-type: none">✓ 噴漆/捲對捲/印刷/上膠貼合加工製程✓ 寬廣的黏度範圍以適用於不同的加工程序✓ 高有效物固含量及良好的流動性需求✓ 油性及水性樹脂相容性
紡織應用 	<ul style="list-style-type: none">✓ 均溫(涼感/保溫)紗線/織物✓ 撥水/抗菌紗線/織物✓ 電熱/遠紅線發熱應用	<ul style="list-style-type: none">✓ 捲對捲/網版/凹凸版印刷/上膠貼合加工製程✓ 適當的黏度範圍以適用於不同的加工程序✓ 高有效物固含量及良好的流動性需求✓ 油性及水性樹脂相容性✓ 功能性添加劑添加選擇性
導電應用 	<ul style="list-style-type: none">✓ 高導電膜材✓ EMI屏蔽應用✓ 導電油墨✓ 抗靜電塗料	<ul style="list-style-type: none">✓ 捲對捲/網版/上膠貼合加工製程✓ 適當的黏度範圍以適用於不同的加工程序✓ 高有效物固含量及良好的流動性需求✓ 油性及水性樹脂相容性



產品介紹-石墨烯分散漿 <UniPerse>

適用於紡織相關產品各種加工製程使用

加工應用	產品編號	型式	等級	目標溶劑	產品說明
 <p>對應噴塗、網印、凹/凸版印刷及刮刀或滾塗等上膠製程；可對應壓克力、PU及聚酯樹脂等體系；黏度範圍介於500-20000 cps</p>	GS-210	油性	標準型	甲苯	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量20-30wt% * 優異的流動性及加工性 * 相容各式透溼防水用及上膠用樹脂 * 適合於透溼防水、印花及上膠製程
	GS-321	油性	低固型	乙二醇	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量5-10wt% * 優異的流動性及分散性 * 適用於聚酯母粒聚合使用 * 配方耐熱溫度達280°C以上
	GS-511	油性	標準型	丁酮	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量20-30wt% * 優異的流動性及加工性 * 相容各式透溼防水用及上膠用樹脂 * 適合於透溼防水、印花及上膠製程
	GS-612	油性	標準型	二甲基乙醯胺	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量20-30wt% * 優異的流動性及加工性 * 相容各式透溼防水用及上膠用樹脂 * 適合於透溼防水、印花及上膠製程
	GS-825	油性	標準型	二甲基乙醯胺 / 丁酮	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量20-30wt% * 優異的流動性及加工性 * 相容各式透溼防水用及上膠用樹脂 * 適合於透溼防水、印花及上膠製程
	GW-220	水性	標準型	水	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量20-30wt% * 良好的流動性及加工性 * 相容於各式水性分散樹脂(PUD) * 適合於捲對捲、刮刀及印刷製程
	FX-210	水性	標準型	水	<ul style="list-style-type: none"> * 石墨烯固含量20-30wt% * 良好的流動性及加工性 * 相容於各式水性分散樹脂(PUD) * 適合於捲對捲、刮刀及印刷製程

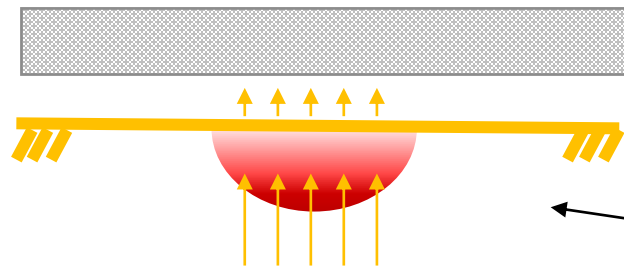


The enhancing mechanism of graphene in textile

Using the thermal conductive property of graphene could enlarge the heat dissipation area to reduce the discomfort of the accumulated body heat.

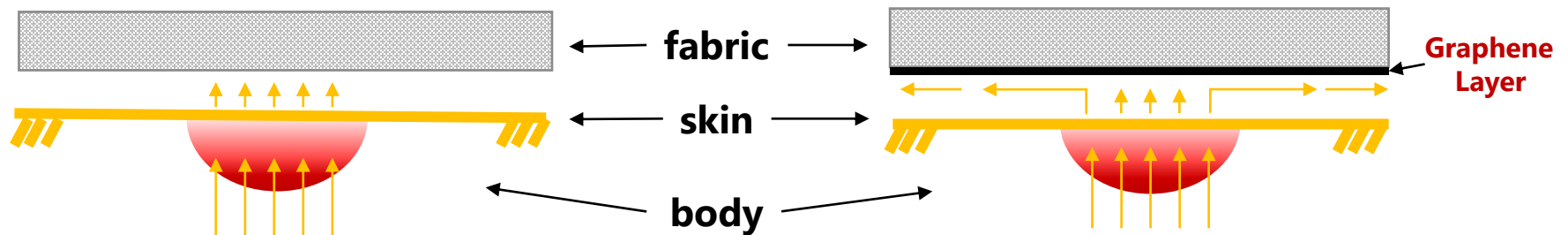
(a) **Without** Graphene Layer

Body heat accumulate in small area



(b) **With** Graphene Layer

Graphene layer enlarge the heat dissipation area

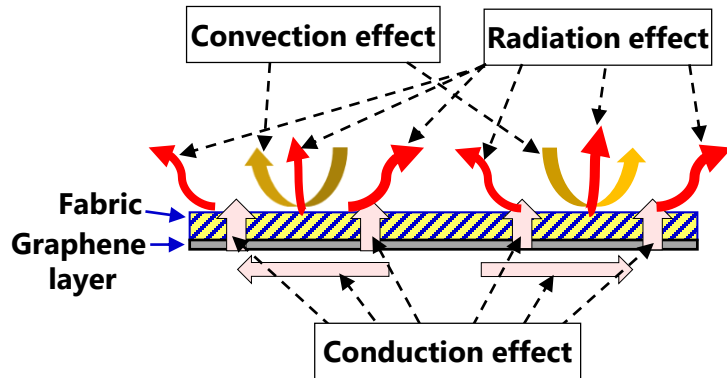


Cooling or Warming Up if using Graphene layer?

The Advantages of Graphene Enhanced Textile

✓ Graphene layer on cooling application :

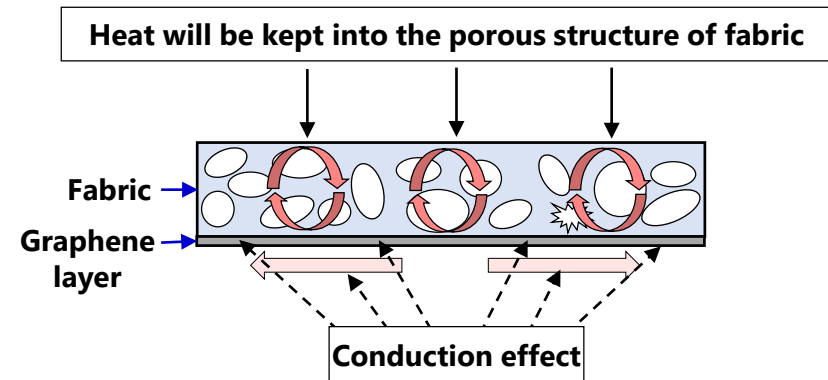
1. Long-lasting cooling- provide cool feeling more than 2hrs
2. Reduce uncomfortable dry feeling- enhance 20% heat output



Heat flow direction for cooling application
In graphene enhanced textile

✓ Graphene layer on warming application :

1. Rapid warming- reduced 4 times warming times
2. Enhancing the heat storage capacity of textile- Clo value is over 5



Heat flow direction for warming application
In graphene enhanced textile

現行紡織品熱舒適性能驗證規範

- 涼感/保暖的驗證規範：

1. 散熱涼感性能：

- a) 接觸涼感(Qmax 測試)：FTTS-FA-019-2010
- b) 28°C熱平衡溫度：ASTM D7024
- c) 織物散熱性能：ASTM D7984-2016

2. 蓄熱保溫性能：

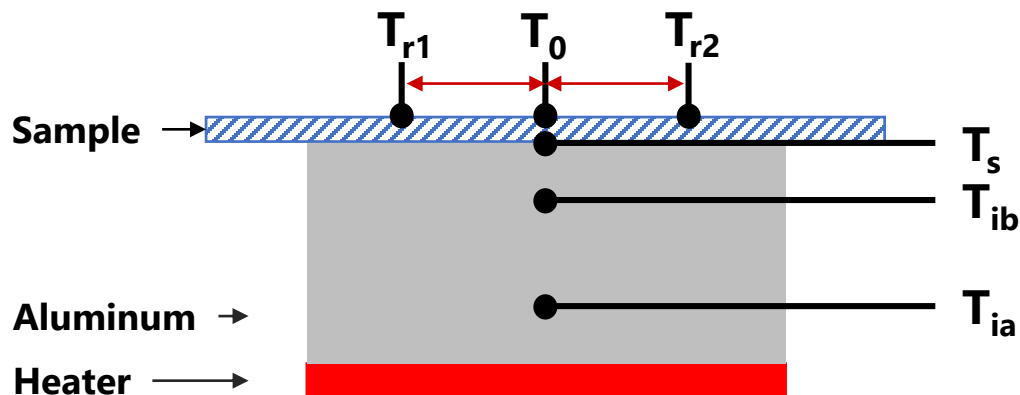
- a) 特性保溫值(Clo)：ASTM D1518-1985/ ISO 11092-1993
- b) 保溫率：JIS L1096：2010
- c) 遠紅外線放射率及紅外線熱影像溫度測試

上述的規範尚無法精確說明石墨烯於有效面積及時間效應下的特性變化與差異性!!

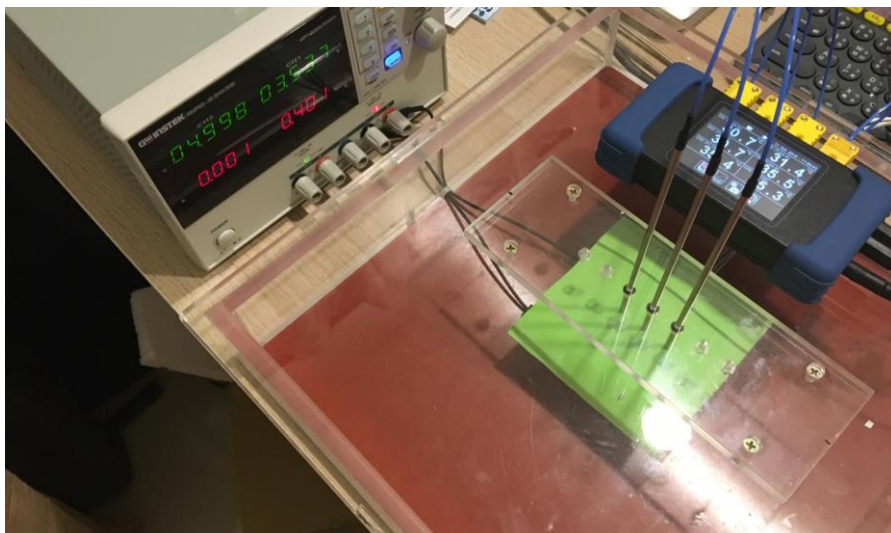


宇興目前協助客戶開發石墨烯紡織品之均溫測試模組及方法說明

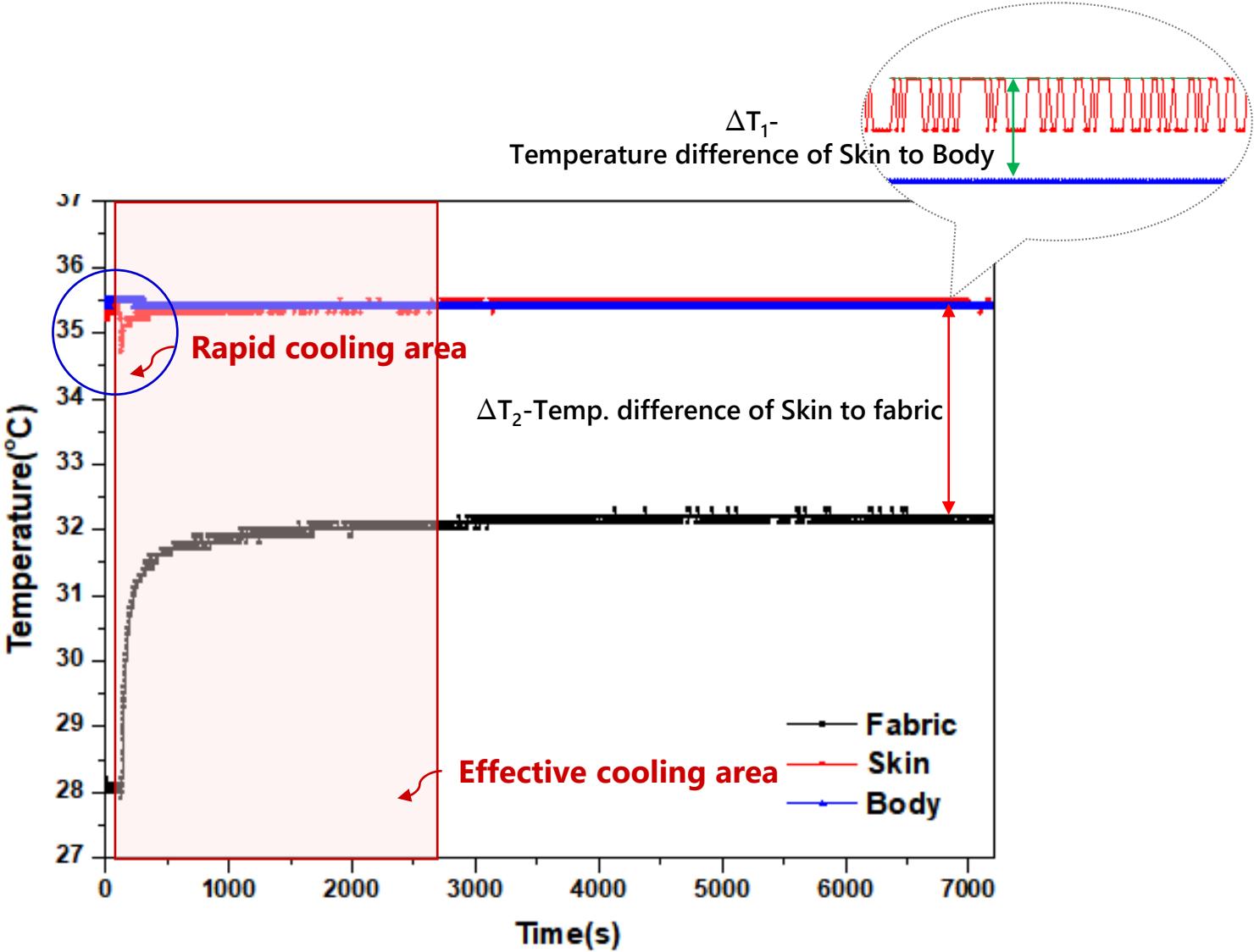
測試方法：ASTM D1518-modified ISO11092-modified



測溫點	說明	代表意義
T_{ia}	核心溫度(內側)	體內溫度(內側)
T_{ib}	核心溫度(外側)	體外溫度(外側)
T_s	表面溫度	體表溫度(界面)
T_0	樣品表面溫度	布溫(中心點)
T_{r1}	樣品表面溫度	兩側布溫(距中心點2公分)
T_{r2}	樣品表面溫度	兩側布溫(距中心點2公分)
ΔT_1	體表/體內溫度差 ($T_s - T_{ib}$)	表面感受到涼感/保暖程度 -數值為正-涼感, 越大越涼 -數值為負-保暖, 越大越暖
ΔT_2	體表/布表面度差 ($T_s - T_0$)	布吸收及釋放熱量的程度 (越大越蓄熱/越小越散熱)



Data analysis of the temperature profile of fabric

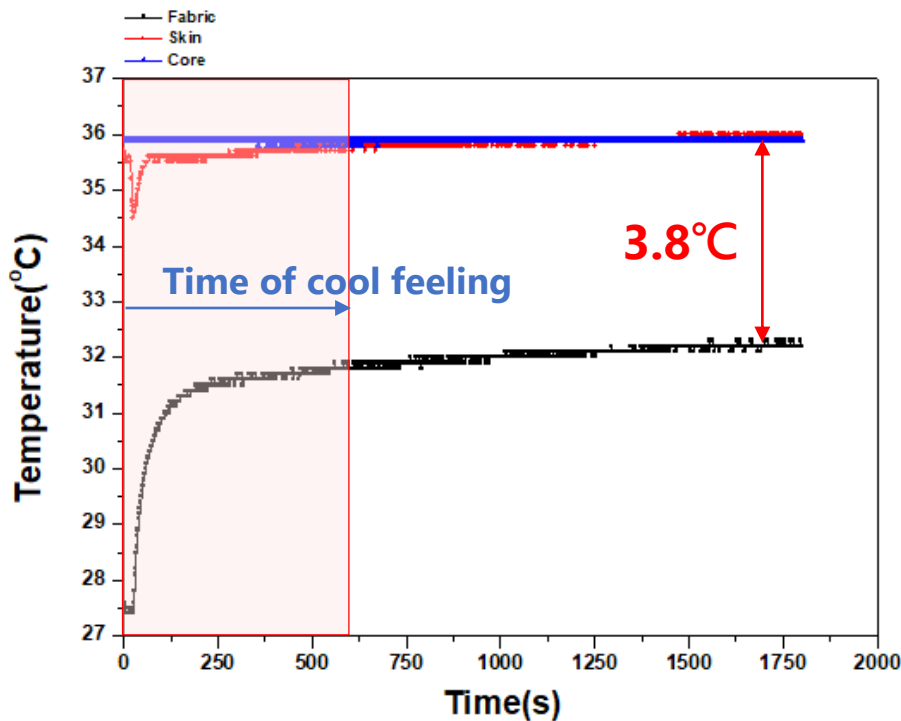


Case study for Graphene Enhanced Textile (1)

→ **Long-Lasting Cooling Effect** : Knitting fabric with graphene layer

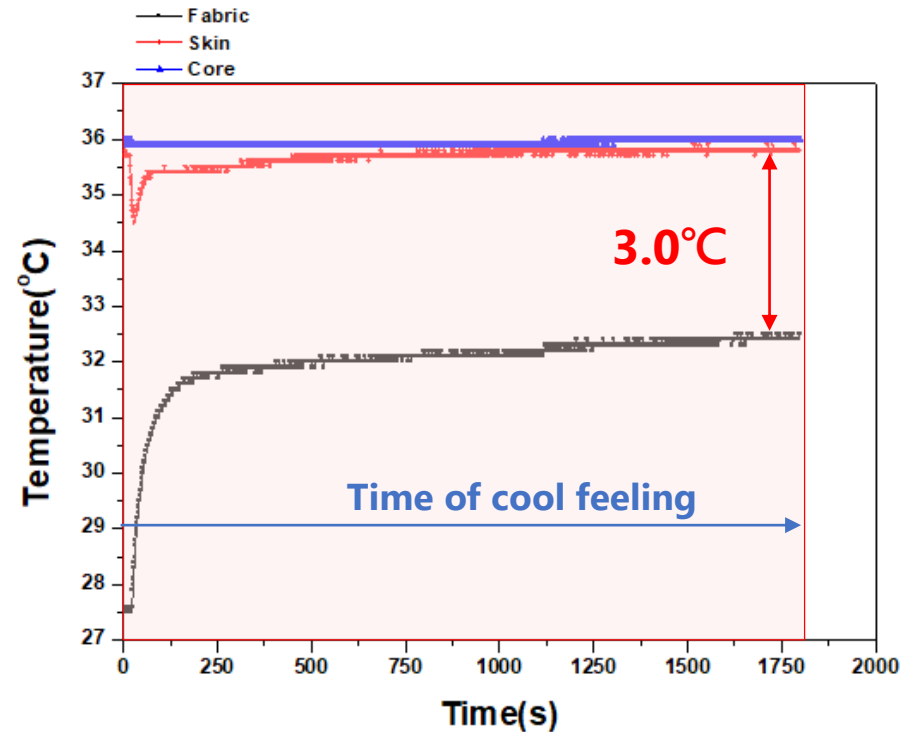
Using graphene layer could extend time of the cool feeling to at least 2hrs

(a) Blank Fabric



Time to reach stable temperature(s)	ΔT_1 (°C) (Skin/Body temp. difference)	ΔT_2 (°C) (Skin/Fabric temp. difference)
600	+0.1	3.8

(b) Graphene Printing Fabric



Time to reach stable temperature(s)	ΔT_1 (°C) (Skin/Body temp. difference)	ΔT_2 (°C) (Skin/Fabric temp. difference)
1800	-0.2	3.0

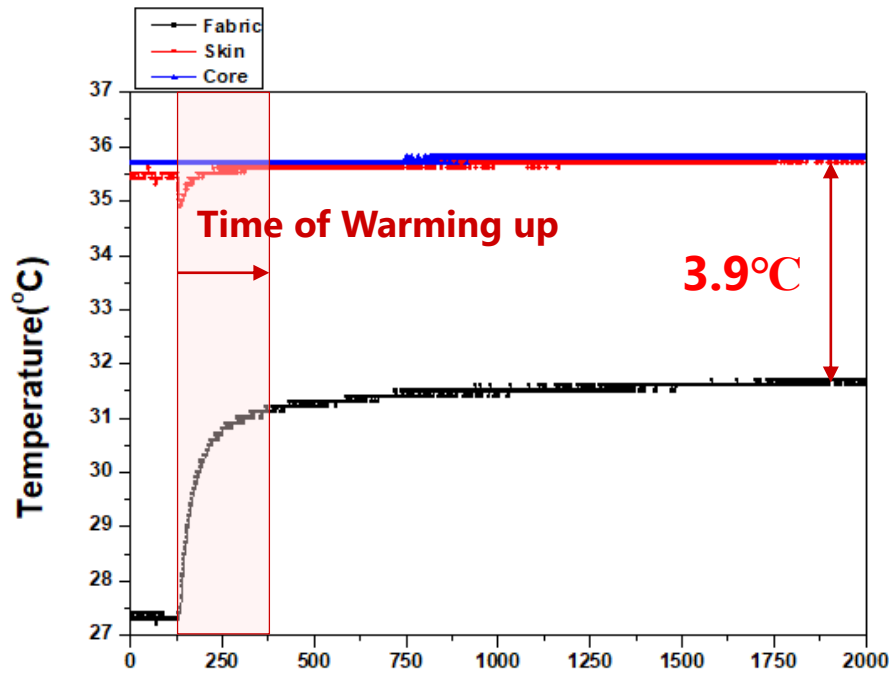


Case study for Graphene Enhanced Textile (2)

→ **Rapid Warming up effect** : Knitting Fabric with Graphene layer

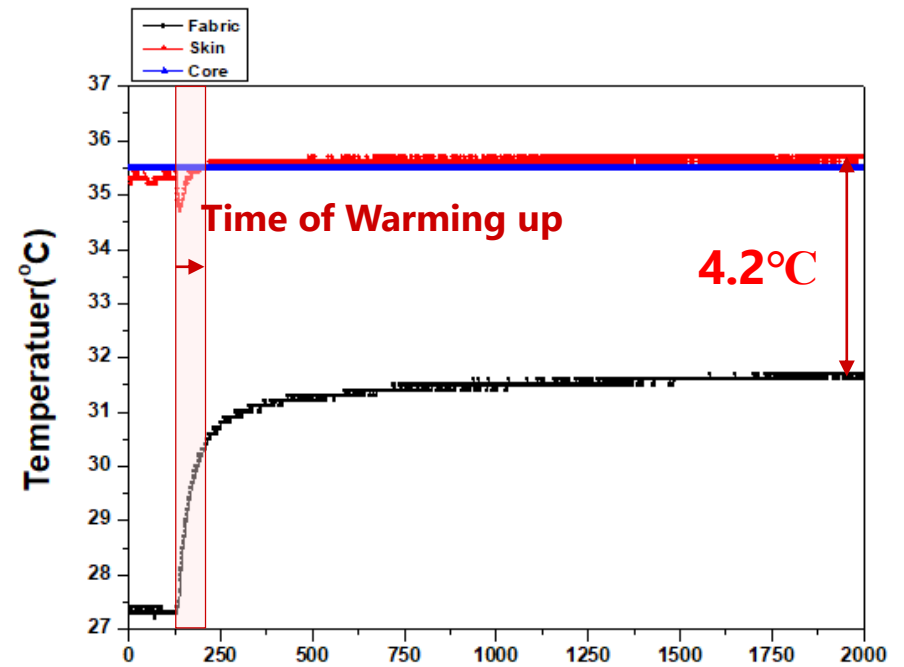
Using Graphene layer could reduce the time of warming up to around 3 times

(a) Blank Fabric



Time to reach stable temperature(s)	$\Delta T_1(^{\circ}\text{C})$ (Skin/Body temp. difference)	$\Delta T_2(^{\circ}\text{C})$ (Skin/Fabric temp. difference)
250	± 0	3.9

(b) Graphene Printing Fabric



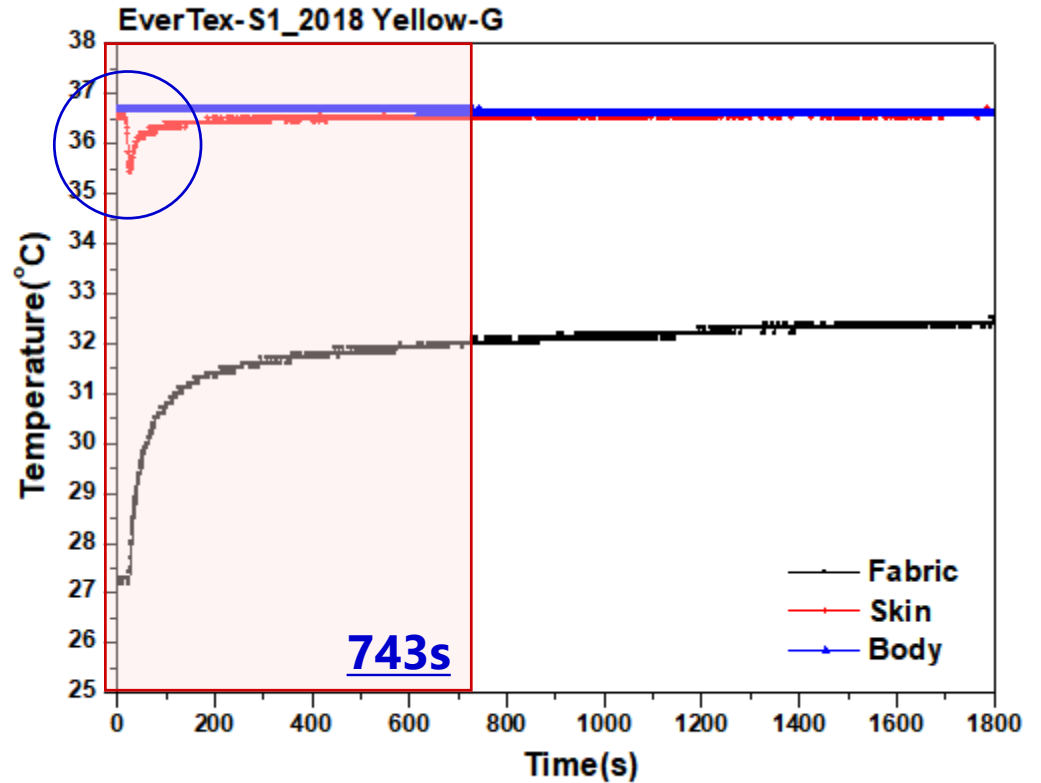
Time to reach stable temperature(s)	$\Delta T_1(^{\circ}\text{C})$ (Skin/Body temp. difference)	$\Delta T_2(^{\circ}\text{C})$ (Skin/Fabric temp. difference)
75	+0.2	4.2



Test Results for EverTex's Sample Fabric



→ **Extended Cooling Effect** : graphene printing layer on fabric



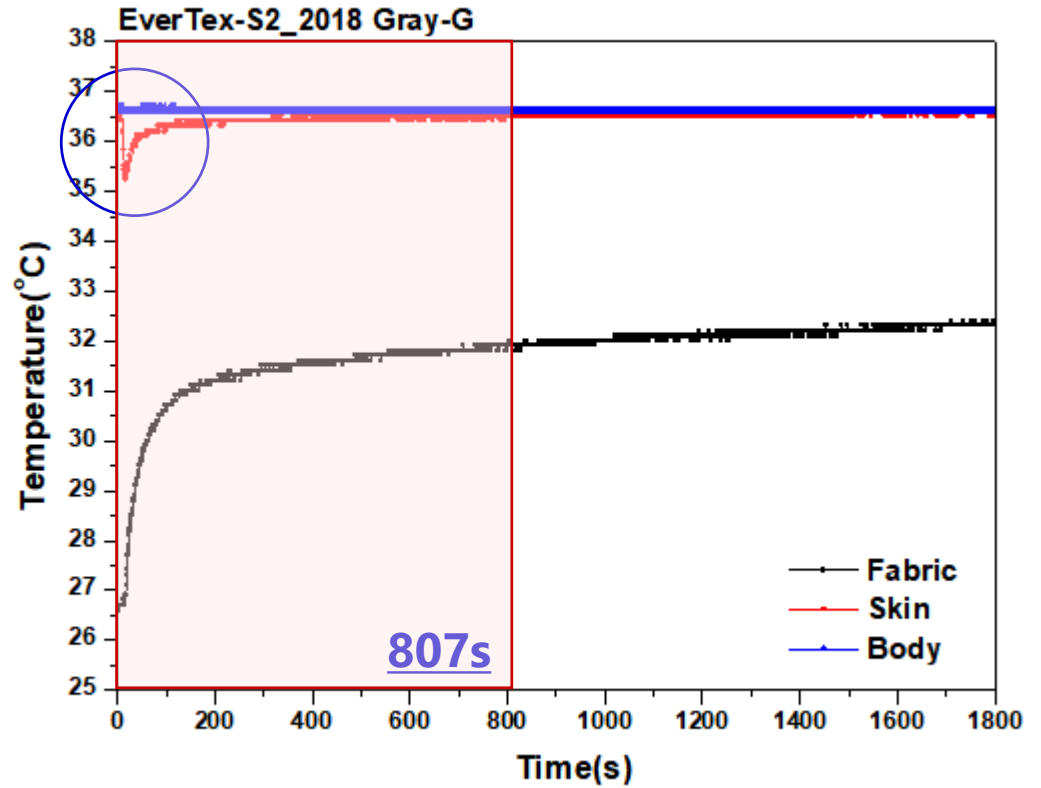
樣品編號	Qmax (Cal.)	織物熱阻Rf (°C×m ² /W)	熱平衡時間(s)	表面散熱量 (W/m ²)
S2-Gray	0.164	0.0249	743	42.50



Test Results for EverTex's Sample Fabric



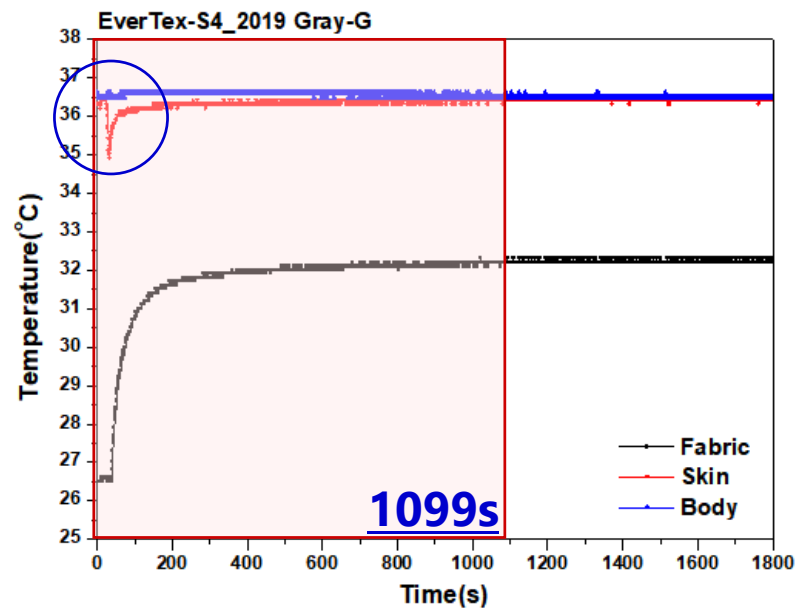
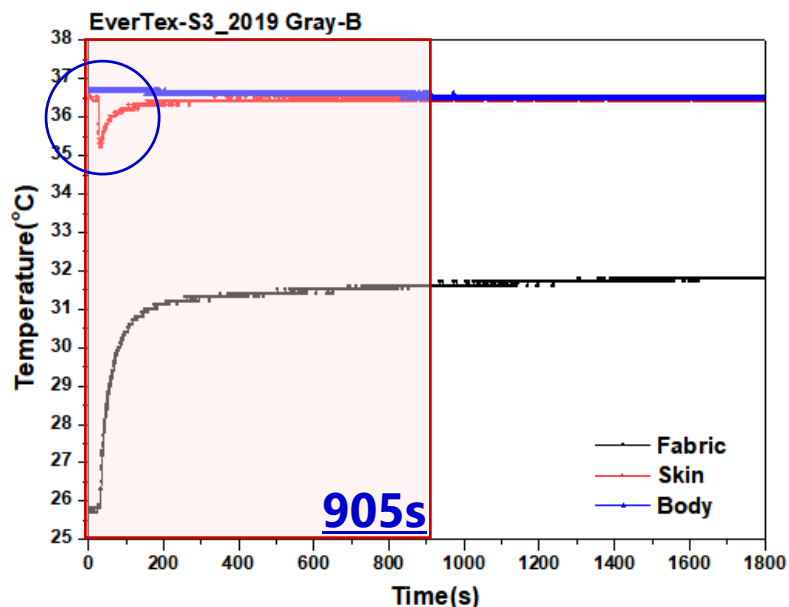
→ **Extended Cooling Effect** : graphene printing layer on fabric



樣品編號	Qmax (Cal.)	織物熱阻Rf (°C×m ² /W)	熱平衡時間(s)	表面散熱量 (W/m ²)
S2-Gray	0.194	0.0249	807	42.92



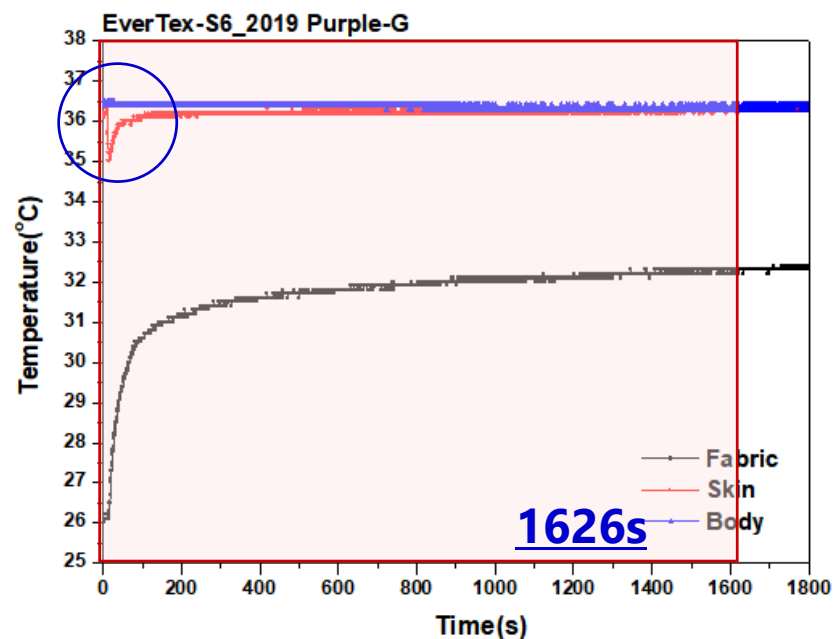
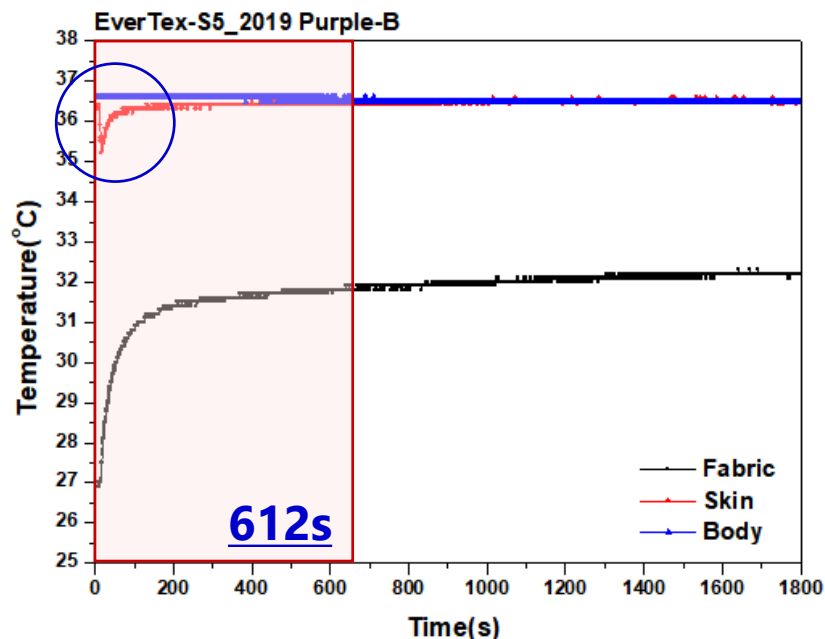
Test Results for EverTex's Sample Fabric



樣品編號	Qmax (Cal.)	接觸涼感增加率(%)	熱平衡時間(s) (體表-織物)	平衡溫度差(°C) (體表-織物)	涼感時間增加率(%)	織物熱阻Rf (°C×m ² /W)	垂直導熱性增加率(%)	散熱量 (W/m ²)	整體散熱性增加率(%)
S3-2019G-B	0.209	-	905	0.00	-	0.0242	-	50.30	-
S4-2019G-G	0.209	0%	1099	0.00	21.44%	0.0232	4%	52.25	4%



Test Results for EverTex's Sample Fabric



樣品編號	Qmax (Cal.)	接觸涼感增加率(%)	熱平衡時間(s) (體表-織物)	平衡溫度差(°C) (體表-織物)	涼感時間增加率(%)	織物熱阻Rf (°C×m ² /W)	垂直導熱性增加率(%)	散熱量(W/m ²)	整體散熱性增加率(%)
S5-2019P-B	0.179	-	612	0.00	-	0.0243	-	48.00	-
S6-2019P-G	0.179	0%	1626	0.00	165.68% (1.65倍)	0.0225	8%	51.75	8%



心得分享及建議

- 石墨烯在紡織上的應用首重於散熱特性及熱舒適性的開發，導電及其他(耐磨等)應用為次之應用。
- 石墨烯的散熱功能性以傳遞熱量訴求為主，主要影響的因子來自於面積與時間的效應。
- 石墨烯與基材的交互作用控制及織物組織設計將佔決定最終規格8成以上的成敗，合適的基布與加工方法會使石墨烯的功能極大化。
- 適當及正確的驗證規範(ASTM/ISO)可以凸顯石墨烯在紡織品中的均溫傳熱的功效。





UC Bacon Company Ltd.

謝謝聆聽/Thanks for your listening

吳定宇

E-mail : Tywu.002@ucbacon.com.tw

Tel : 03-420-6869

網址 : www.ucbacon.com.tw

