

バイオガラスの機能解説

久留米工業大学 名誉教授 渡邊 孝司

内容

1. 開発の背景と目的
2. 機能性(バイオ)ガラスの特性
 2. 1 バイオガラスの概要と組成
 2. 2 バイオガラスの遠赤外線放射率と親水性
 2. 3 バイオガラス浸漬水のpH値
 2. 4 バイオガラス浸漬水の粘度
 2. 5 バイオガラス浸漬水の酸化還元電位
 2. 6 バイオガラス浸漬水の表面張力
3. 機能性ガラスを果物・野菜栽培に用いた影響
 3. 1 貝割れ大根、グラジオラスとヒアシンスの水耕栽培に及ぼすバイオガラス浸漬水の影響
 3. 2 イチゴ栽培におけるバイオガラス浸漬水の影響
 3. 3 バイオガラス活水器の実用例
4. 結論および考察

1. 開発の背景と目的

- (1) 1999年：大手食品メーカーの依頼により、浸漬水による除菌効果を持つ機能性バイオグラス開発
- (2) 2004年10月：バイオグラスについて久留米工業大学の渡邊研究室と共同研究を開始。
- (3) 2004年11月：バイオグラスを自動車の冷却系に用いて燃費向上、排気ガス削減の商品「カーアップ」を発売開始（国内外で約120,000個を販売）
- (4) 2008年10月：自動車技術会秋季学術講演会（名古屋）において、渡邊教授がバイオグラスについて発表し、バイオグラスの様々な特性を解明。
- (5) 2009年9月：農業用活水器の試験開始し、佐賀県神埼市のイチゴ栽培で効果を確認。
- (6) 2009年11月：バイオグラス関係の特許取得（JP4402484）
- (7) 2010年8月：農業用活水器に関して久留米工業大学と東京大学と共同研究を開始
- (8) 2014年8月：小浜温泉にて出湯口、配管等のスケール除去と赤錆対策を実証

2. 機能性(バイオ)ガラスの特性

2.1 バイオガラスの概要と組成

磁鉄鋼と麦飯石の外観



機能性(バイオ)ガラス



バイオガラス（麦飯石と磁鉄鉱）



バイオガラス(Bio Glass)とは

- 天然鉱物、麦飯石 (*Healstone*) と磁鉄鉱 (*Magnetite*) を主原料として、1000℃以上の高温で溶解してガラス状にしたもの。
- 強い遠赤外線、超親水性と消臭、抗菌作用の効果を有している。

バイオガラスの成分構成表 (Mass. %)

* 麦飯石の主原料 ** 磁鉄鉱の主原料

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig.loss	Total
石英*	64.59	0.35	16.75	3.30	2.42	2.48	6.88	0.88	2.08	99.74
長石斑岩*	64.01	0.36	16.90	3.49	2.61	2.48	6.73	0.79	2.49	99.85
マグネタイト**	37.99	0.18	1.34	14.78	30.66	3.28	1.10	0.13	8.93	98.38

・TiO₂: 光触媒効果, 紫外線→汚れを分解し親水化, 消臭
電子に変換し有機物を合成し成長促進

・CaO: 植物の成長促進

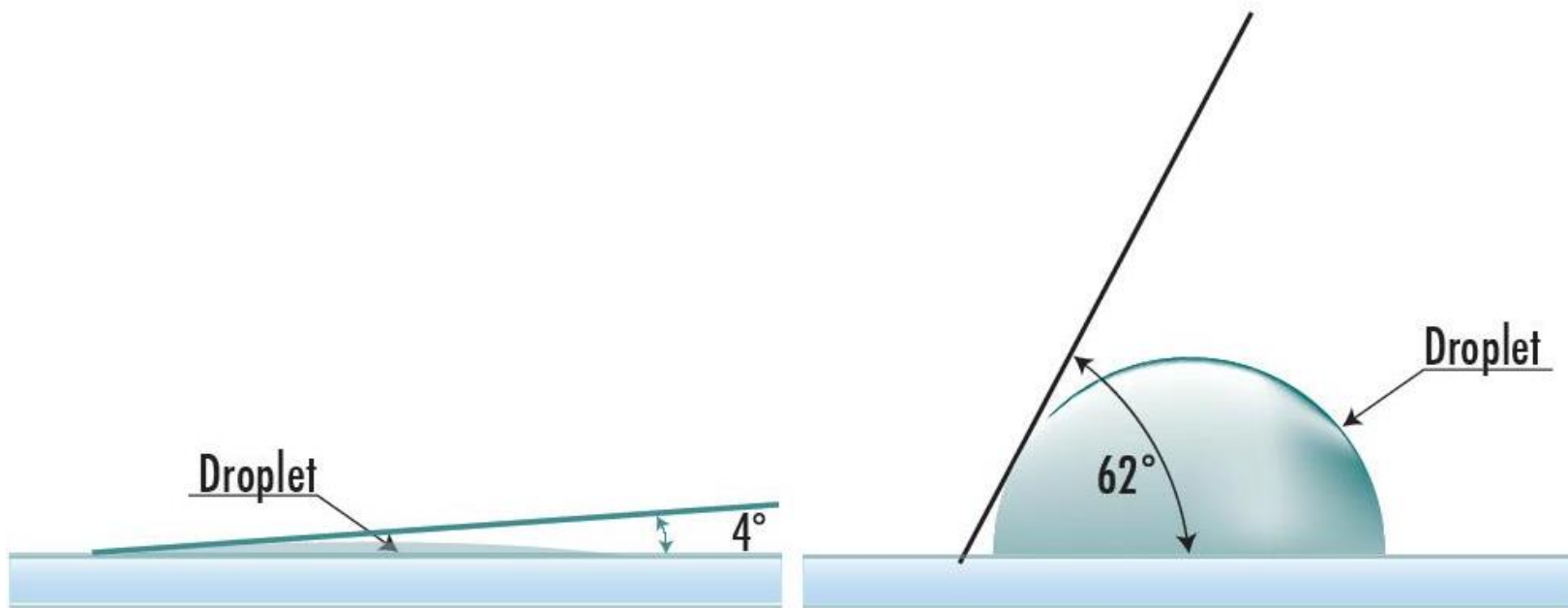
・MgO: 植物の光合成, クロロフィルが光を

・K₂O: NとPと同様に植物に

・Na₂O: アルカリ金属

含まれるアルカリ性金属肥料で植物の成長に寄与

2. 2 バイオガラスの遠赤外線放射率と親水性



Bio Glass

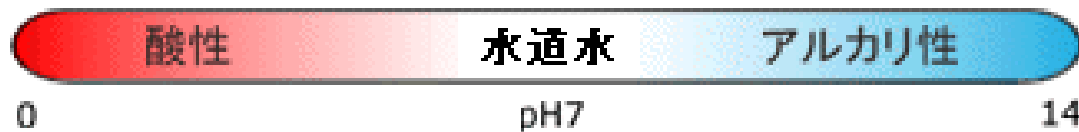
Conventional Glass

バイオガラスと通常のガラスにおける 遠赤外線放射率と水接触角の比較

	Bio Glass		Conventional Glass
	Healstone	Magnetite	
Melting Temperature ℃	1300～1400		1300～1400
Far-infrared % Emissivity Rate	87～89		60～80
Water Contact Angle °	4～5	6	62

2. 3 バイオガラス浸漬水のpH値

- pH(Power of Hydrogenの略)は、水素イオン(H^+)指数を表される記号で、物質の酸性とアルカリ性の度合いを示す数値である。
- 通常の水道水がpH7～であるが、これより低い方は酸性(OH^-)で酸化性が強く、逆に高い方はアルカリ性(H^+)と呼ばれ、 H^+ イオンは還元性が強くなる。



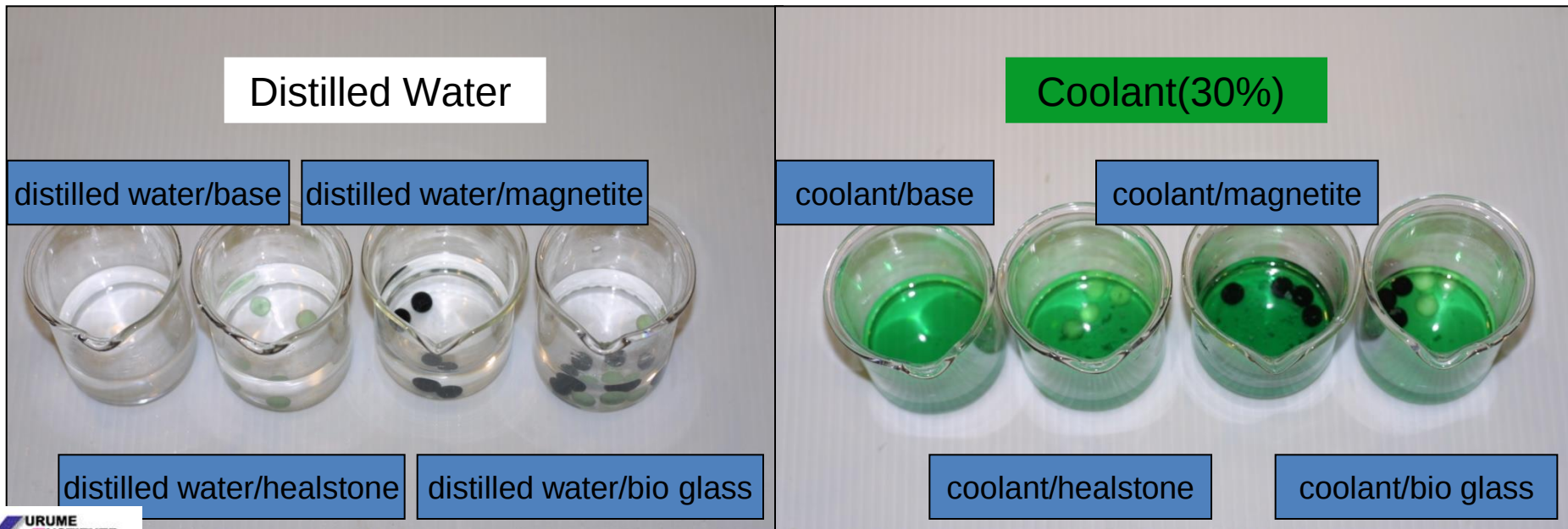
酸性とアルカリ性の関係モデル図

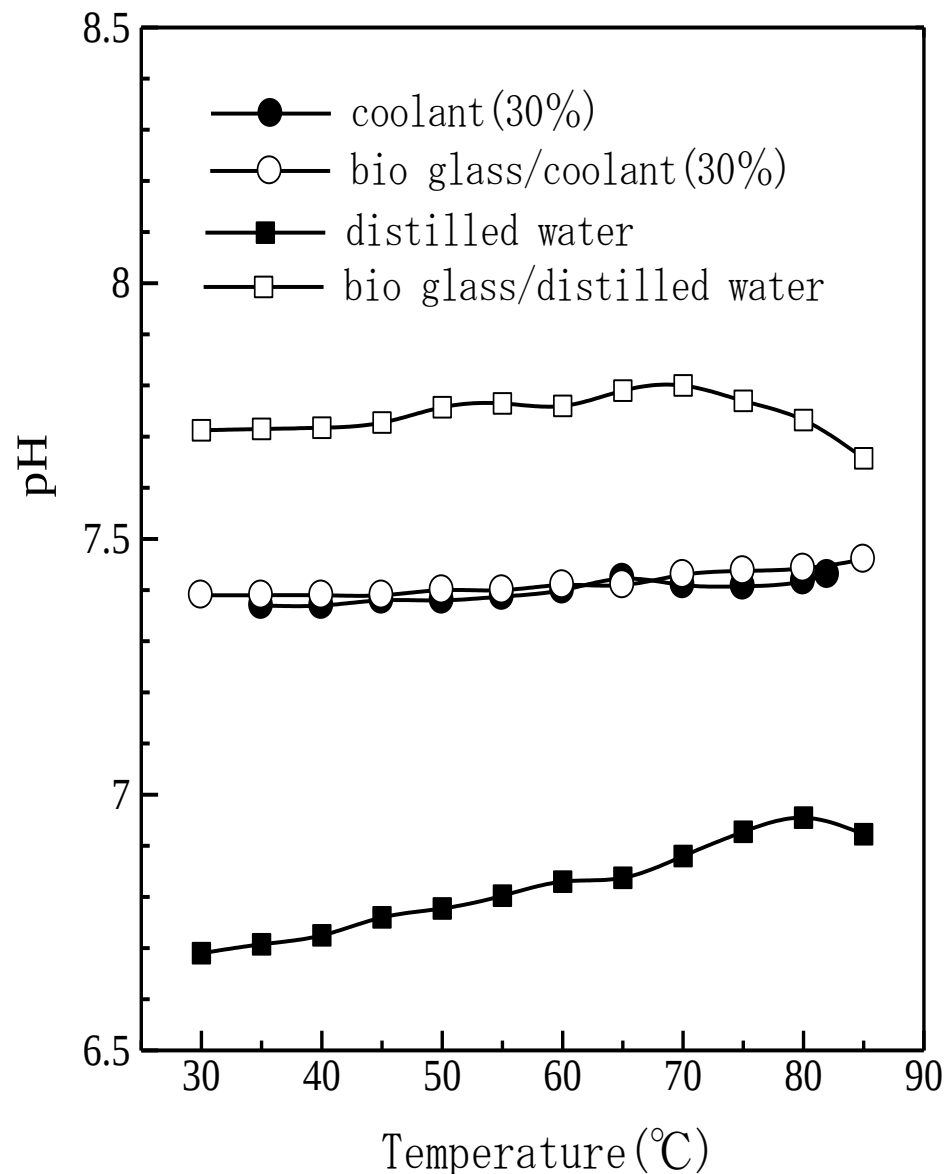
- よってバイオガラス浸漬水はPH7.4～7.8を示し、酸化還元性を示す。

pH値の測定

- バイオガラス、麦飯石と磁鉄鉱に蒸留水と濃度30%のクーラントに24時間沈積させ、前者を組み合わせた8種類の液体を使用する。

注: バイオガラス溶液(ガラス玉8個、50ml)、ベース液体(50ml)、磁鉄鉱と麦飯石液体(ガラス玉4個、50ml)





PHの測定結果

バイオグラス浸漬水をベース液体と比較する。

- ①クーラントの場合に、バイオグラス溶液のpH値が約3%上昇した。
- ②蒸留水の場合に、バイオグラス浸漬水のpH値が約7%上昇した。
- ③さらに、両方のpHが酸性のからアルカリ性に変化(イオン交換)したことも分かった。

2. 4 バイオガラス浸漬水の粘度 バイオガラスの蒸留水と水道水における粘度 μ (mPa·s)の影響

	Elapsed Time		
	0 min	7 Days	14 Days
Distilled Water	0.8050	0.8050	0.8023
Bio Glass/ Distilled Water	0.8050	0.8018(0.40%)	0.8009(0.17%)
Tap Water	0.8107	0.8069	0.8076
Bio Glass/ Tap Water	0.8102(0.006%)	0.8047(0.27%)	0.8020(0.64%)

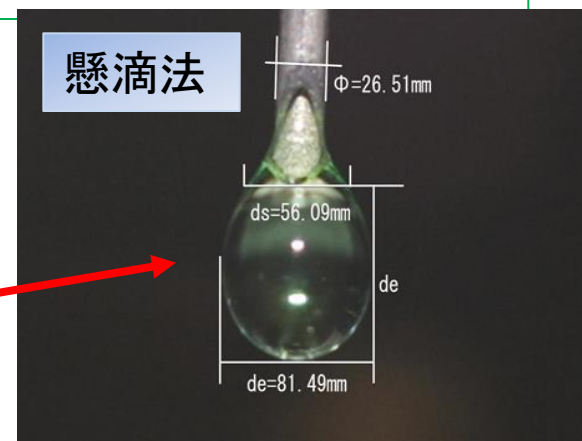
2. 5 バイオガラス浸漬水の酸化還元電位

バイグラスの水道浸漬水における酸化還元電位 ORP (-mV)の経時変化

	Elapsed Time (min)							
	0	10	20	30	40	50	60	70
Tap Water	345	—	—	—	—	—	—	—
Bio Glass/ Tap Water	588 (1.70)	667	682	688	691 (2.00)	691	692	690

2. 6 バイオガラス浸漬水の表面張力

表面張力の測定法



表面張力 γ 計算式:

$$\gamma = g \cdot \Delta \rho \cdot (de)^2 \cdot \frac{1}{H}$$

g : 重力定数

$\Delta \rho$: 液滴と気体の密度差

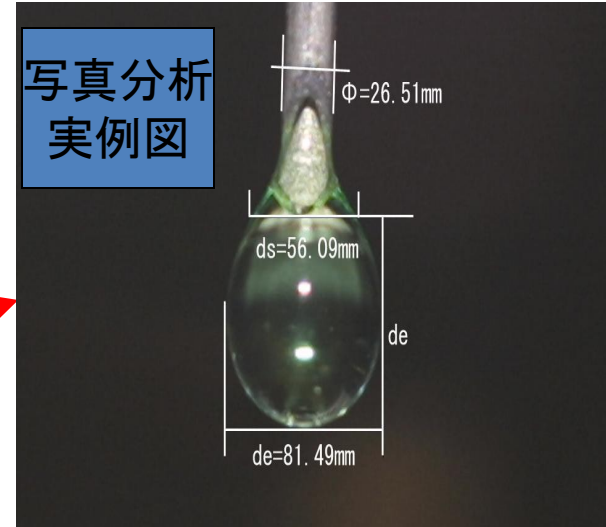
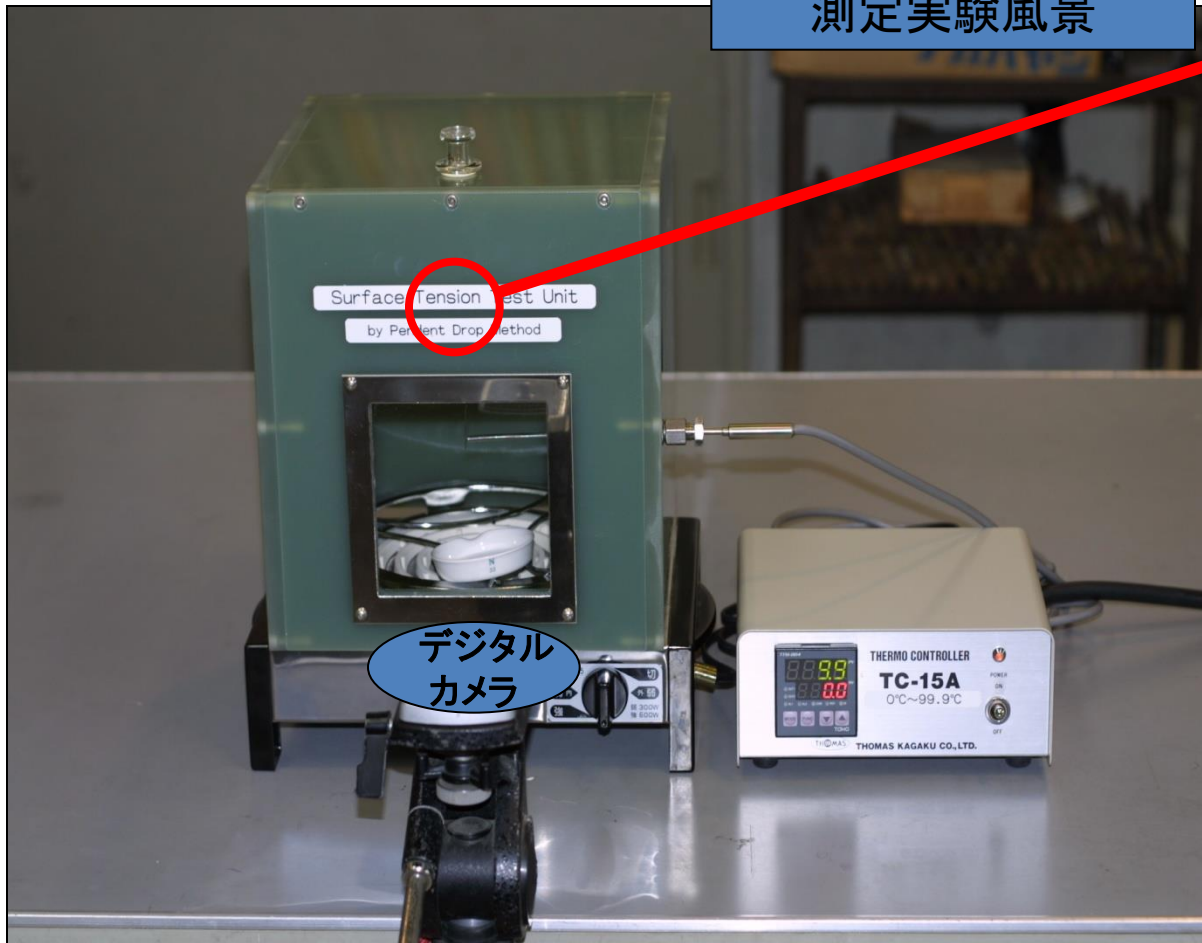
$1/H$: 補正項

de : 液滴の最大直径(m)

ds : 液滴下端より de の距離
の位置での直径(m)

Pendant Drop Method

懸滴法による表面張力
測定実験風景



表面張力計算式:

$$\gamma = g \cdot \Delta \rho \cdot (de)^2 \cdot \frac{1}{H}$$

g: 重力定数

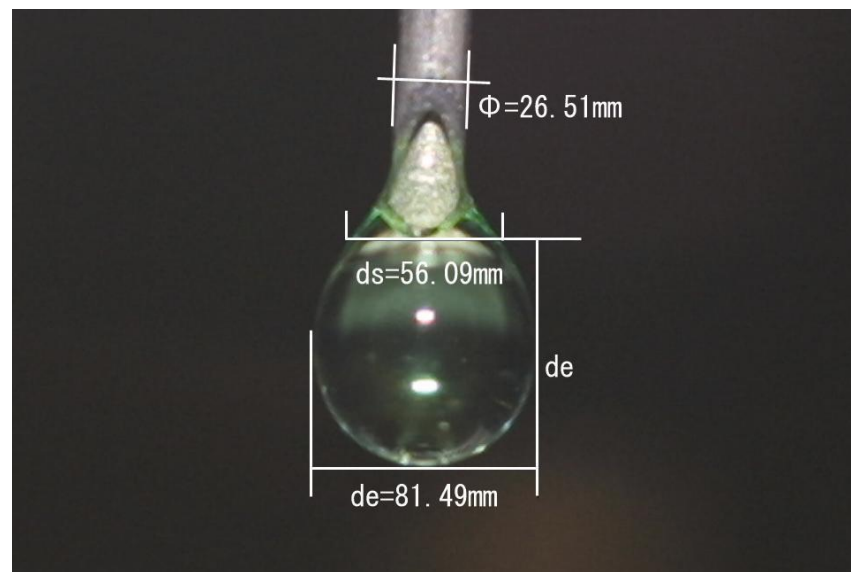
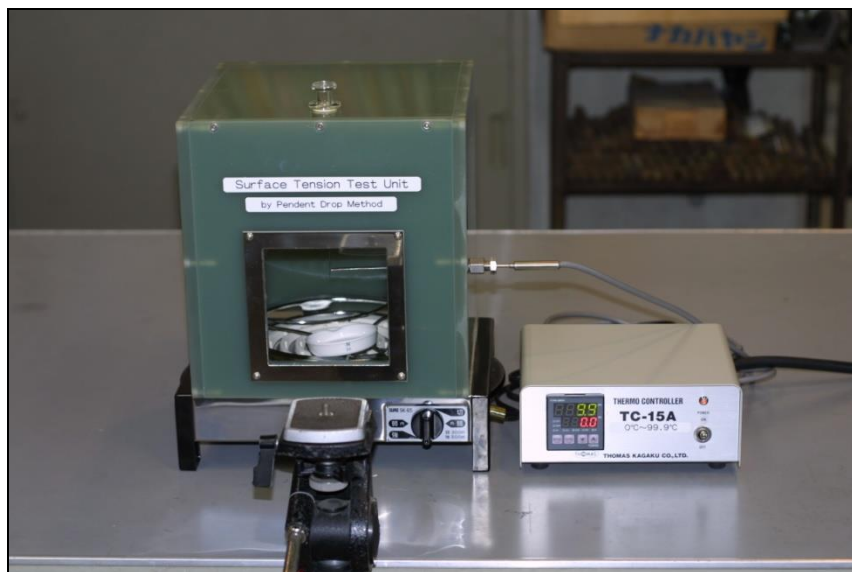
$\Delta \rho$: 液滴と気体の密度差

1/H: 補正項

de: 液滴の最大直径(m)

ds: 液滴下端よりdeの距離の
位置での直径(m)

2. 6 バイオガラス浸漬水の表面張力 表面張力の測定法



表面張力計算式

$$\gamma = g \cdot \Delta \rho \cdot (de)^2 \cdot \frac{1}{H}$$

γ : 表面張力 (N/m)

g : 重力定数 = 9.8067 (m/s²)

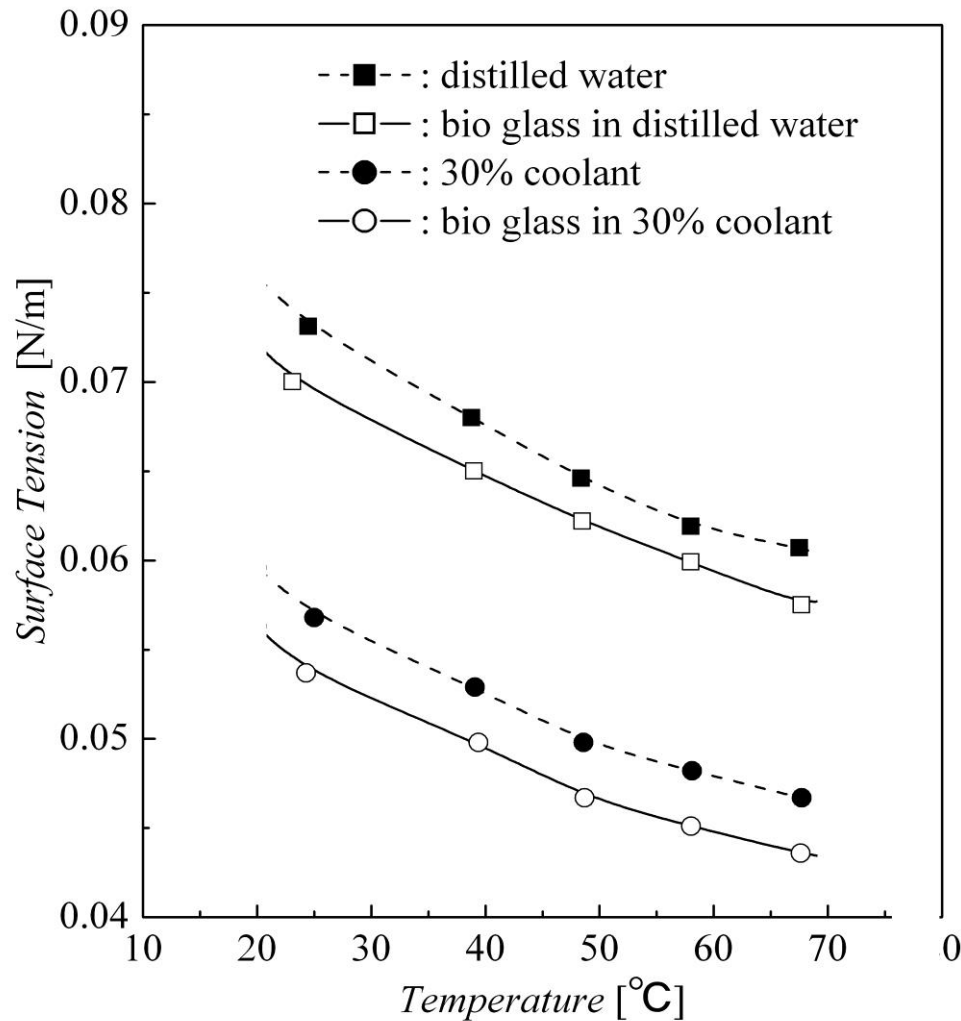
$\Delta \rho$: 液滴と気体の密度差

$1/H$: 補正項

de : 液滴の最大直径 (m)

ds : 液滴下端より de の距離の位置での直径 (m)

温度による表面張力の変動



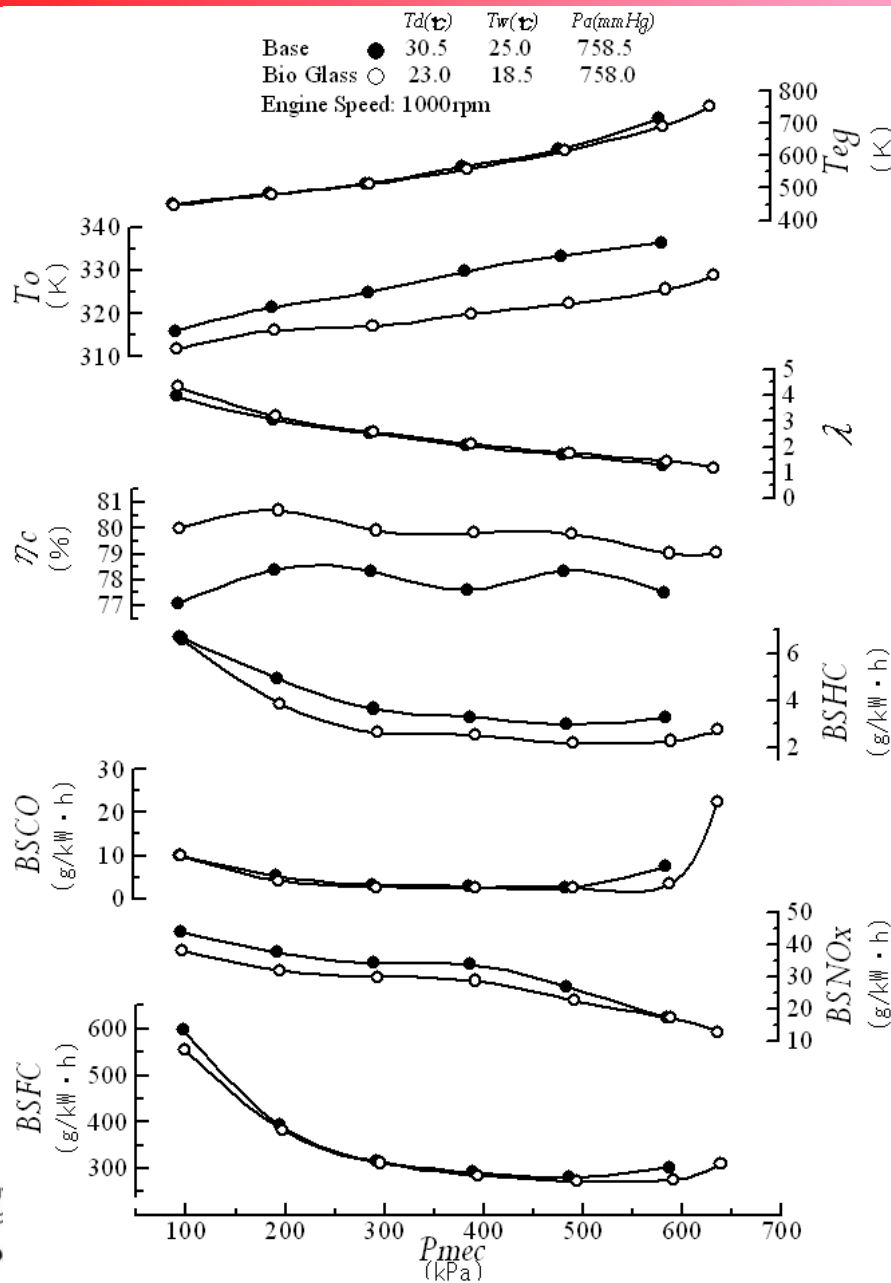
Effect of Bio Glass
Distilled Water
-4~-5%

30% Coolant
-5~-6%

Table 5 Specifications of Test Engine

Remodeled Kubota MB	
Cavity configurations	Square
Combustion chamber	Direct Injection
Cycle	4
Number of cylinder	1
Bore & stroke	$\phi 100 \times 150$ mm
Displacement volume	$1.178 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
Compression ratio	17.0/1
Output power	7.36kW/1000 rpm
Nozzle opening pressure	20.0 MPa
Injection timing	20.0° BTDC

Fig. 5 Effect of Bio Glass on Engine Performance



Effect of Baio Glass

$BSFC$: 1.3~11.6%、(Mean:5.1%)

η_c : 1.5~3.0%

$Toil$: 4~12K

Teg : 4~23K

$BSCO$: 7~54%

$BSHC$: 20~30%

$BSNO_x$: 3.7~14.7%

Fig. 6 Measured Points of Cylinder Wall

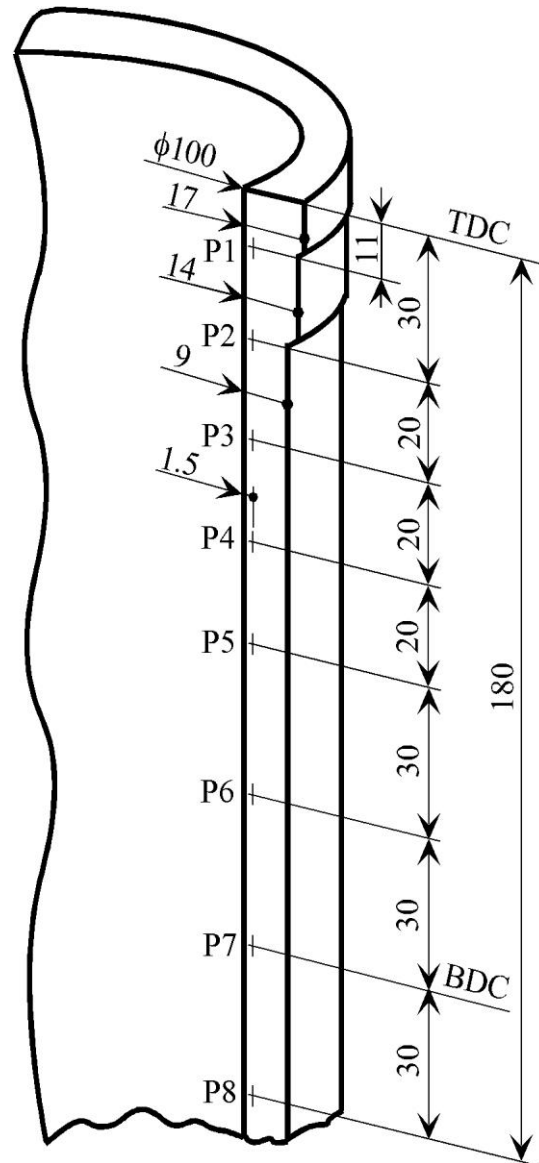


Fig. 7 Effect of “Bio Glass” on Cylinder Wall Temperature

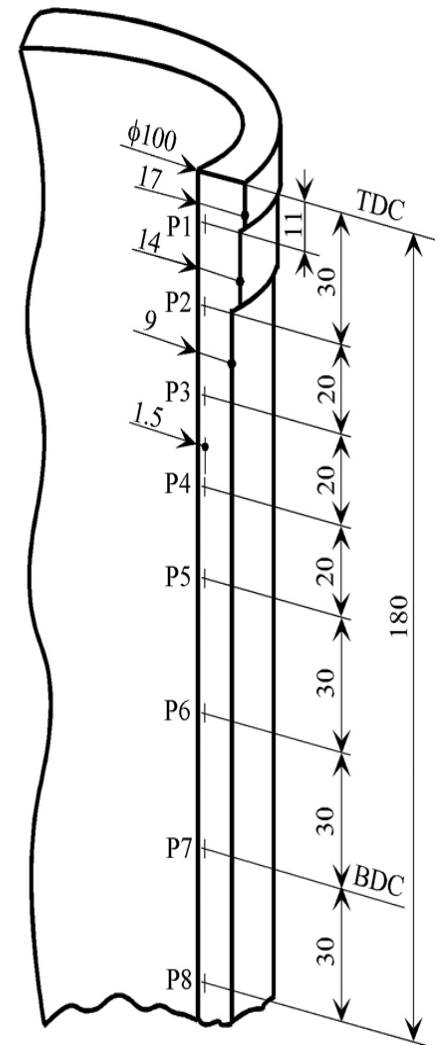
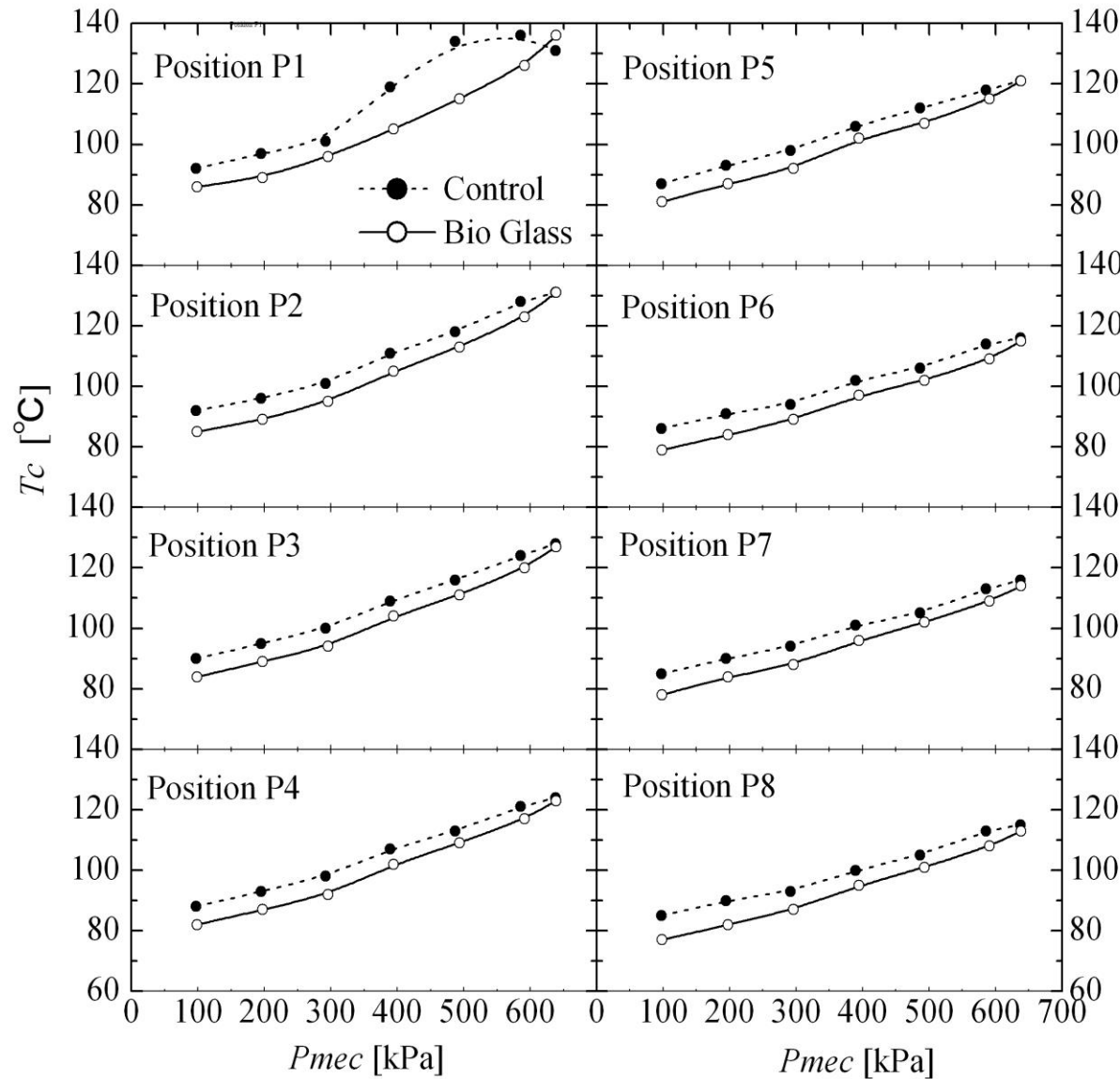
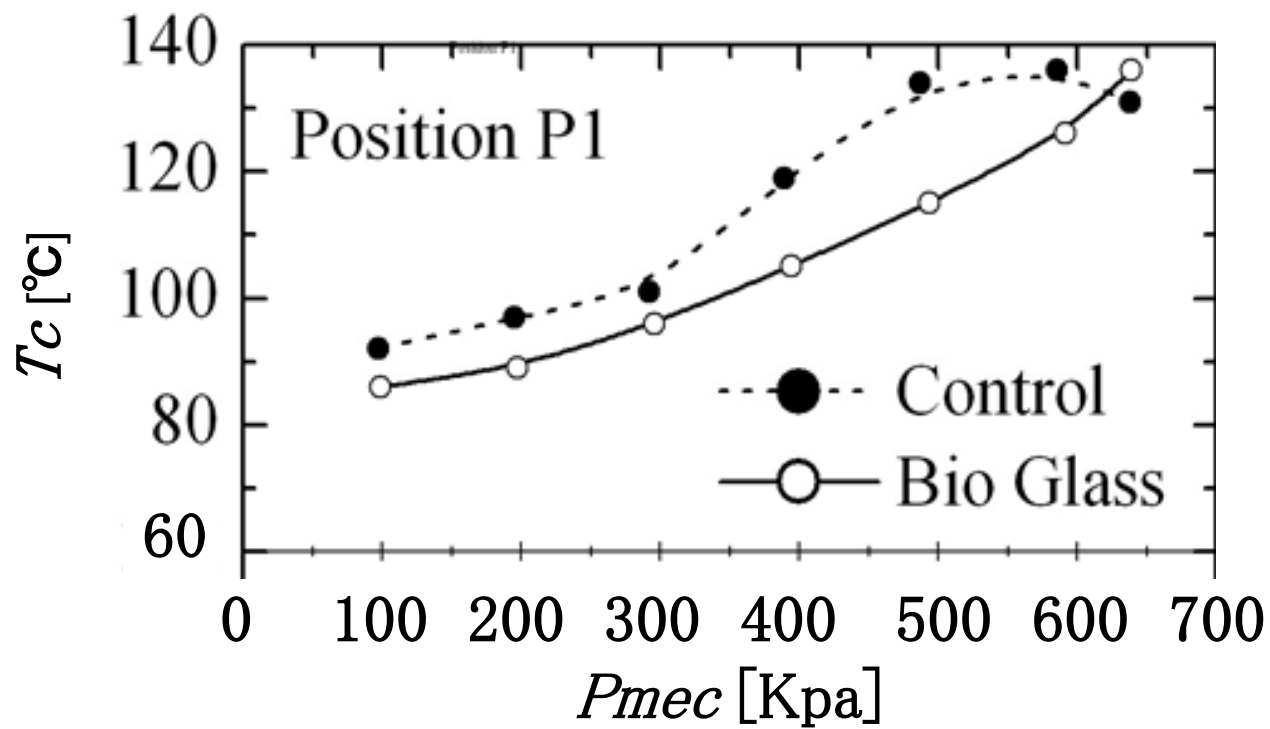
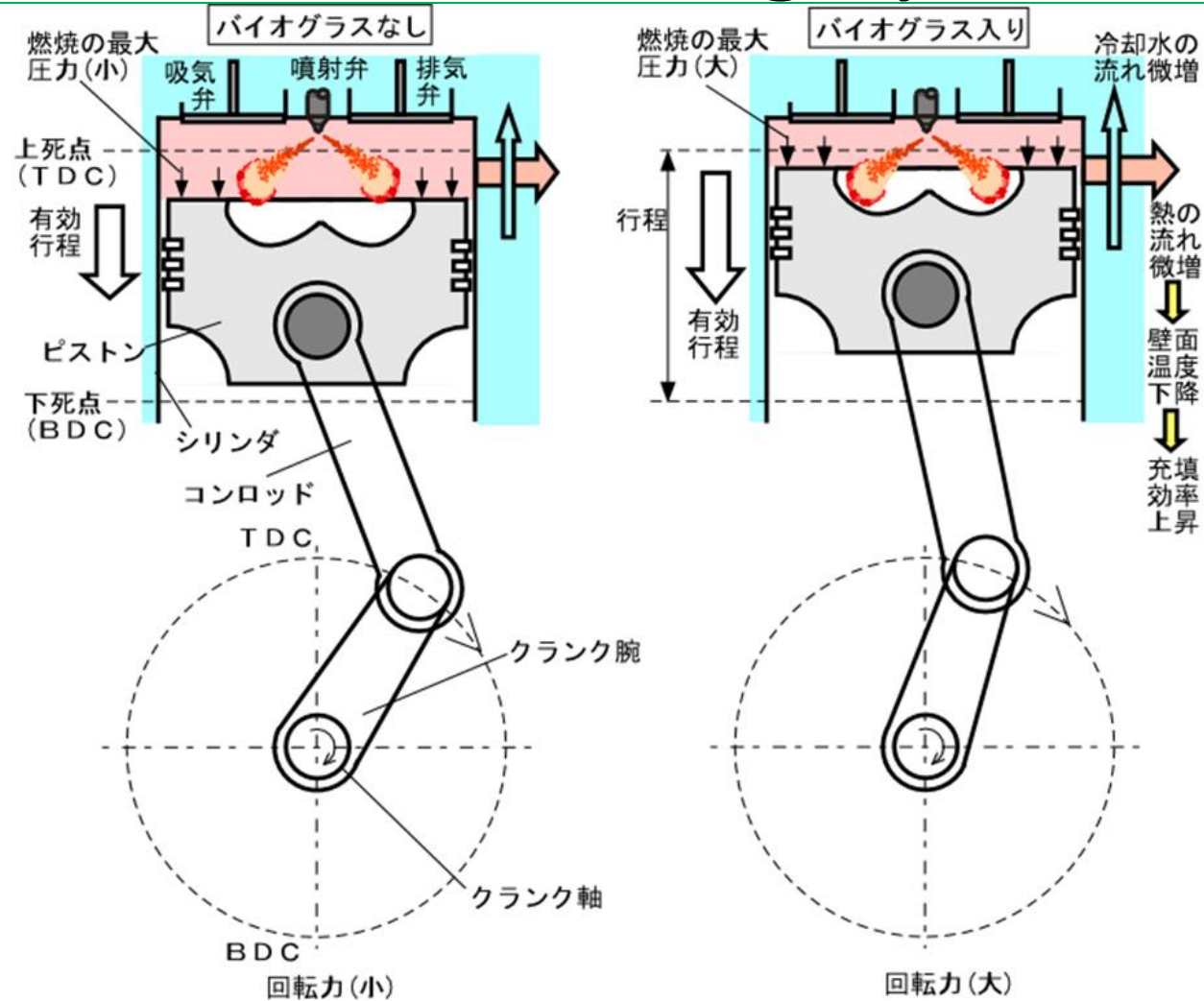


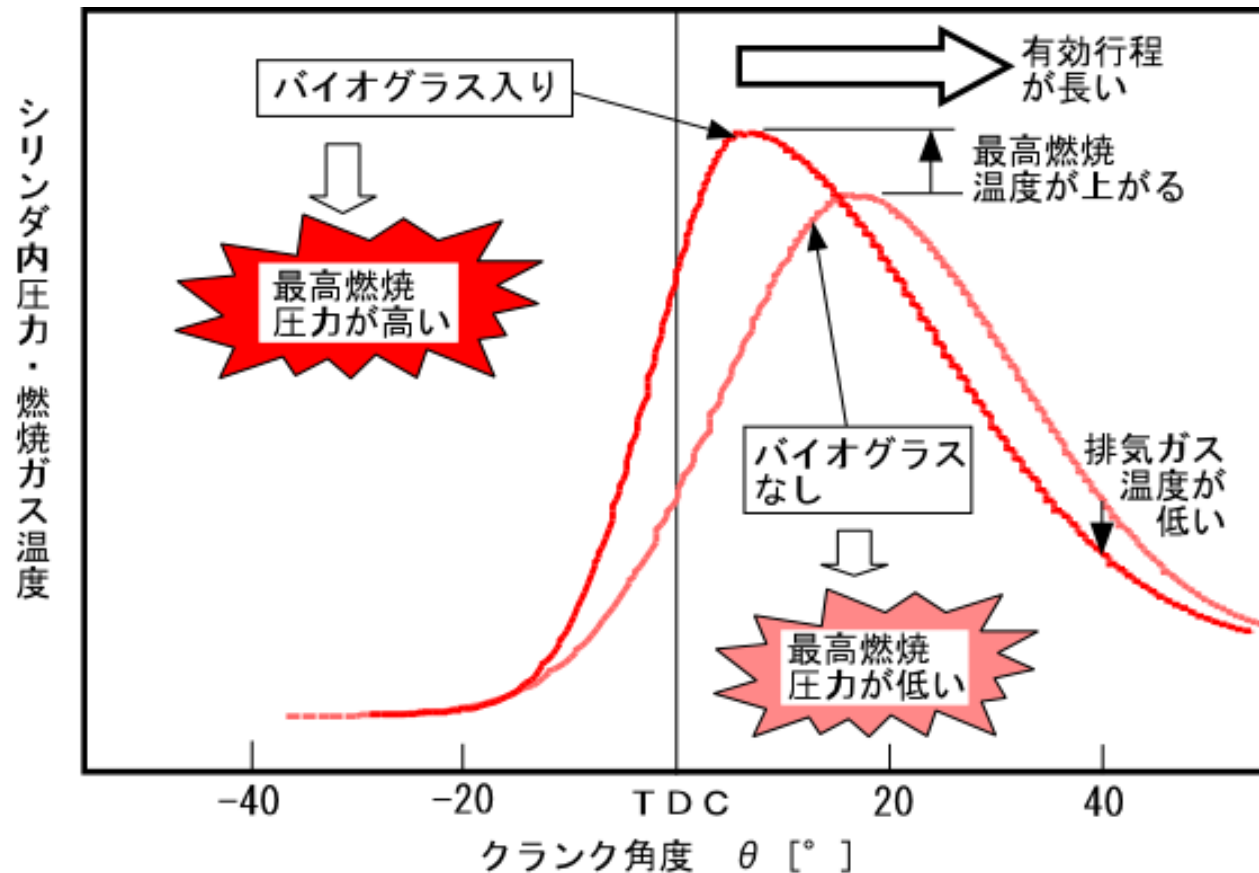
Fig. 8 Effect of “Bio Glass” on Cylinder Wall Temperature



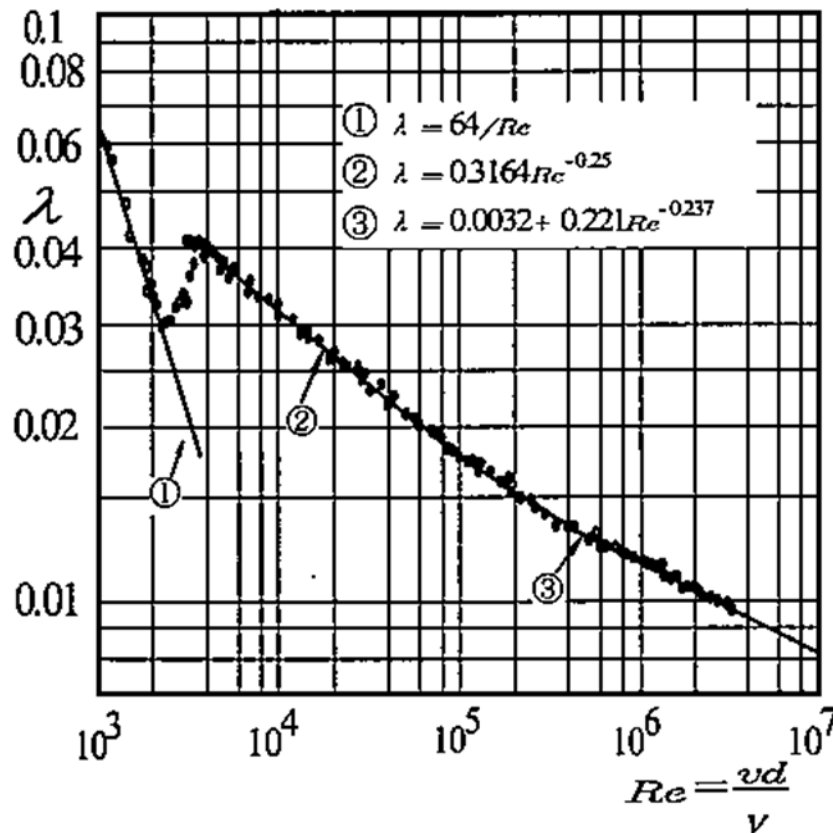
Conceptual Combustion using Bio Glass into Cooling System



Conceptual Combustion using Bio Glass into Cooling System 2



Moody Diagram



λ : 管摩擦係数
 Re : レイノズル数
 μ : 動粘度
 d : 円管径
 v : 流速

図 6.13 なめらかな円管の管摩擦係数

4. 考 察

機能性ガラス触媒の影響

(1) 超親水性に基づく表面張力低下：熱伝達率の向上、強制対流熱伝達とサブクール沸騰熱伝達域で熱伝達率の向上に寄与。

(2) 粘度（動粘度）低減と高酸化還元電位などが、Moody 線図に基づく管摩擦係数の低下および冷却系の抗酸化防止・スケールの付着防止により冷却水流量上昇による熱伝達率とエンタルピー輸送の向上と相対的冷却水損失低減。

(3) 燃焼室と同壁面温度低下の効果による充填効率の上昇および膨張比増大にともなう正味熱効率の上昇による燃費率向上。

(4) 直噴ガソリン(GDI)機関におけるノッキングの著しい低減効果と燃費率向上が市場で大きく評価されている。

(5) 本商品に実用化として国内10万個と海外2万個の計12万個の実績があり、クレームや返品はほとんどなく、実用性は十分ある。

5. 結 論

(1)機能性ガラスは超親水性、イオン交換特性、粘度低下特性、高度酸化還元電位や表面張力の低減など多くの化学的特性を有することを明らかにすることができた。

(2)機能性ガラスは冷却水の表面張力、粘度や動粘度、および管摩擦係数の減少により熱伝達率が上昇して、機関の充填効率を上昇させて燃費、機関性能と排気ガス特性を大きく改善できることが分かった。

平成23年 1月28日(金)
久留米ビジネスプラザ・アルカディアホール

平成22年度知財先進都市支援事業
農商工テクノブリッジ2010 in 久留米

⑧ バイオグラスを用いたイチゴ栽培
(水耕栽培)

株式会社 創生 取締役社長 松尾 靖隆

共同開発: 久留米工業大学 渡邊 孝司

貝割れ大根の栽培



- 左側の方はバイオグラス10個(緑:5個、黒:5個)を沈積して8日目。
- バイオグラスを入れている方が発育が早く、葉の色も緑が濃い。
- 食すると、バイオグラスを入れている方は、大根辛さがあり、入れていないものは、ほとんど味を感じない。

グラジオラスの栽培



- 左側の方はバイオグラス20個(緑:10個、黒:10個)を入れて8日目。
- バイオグラスを沈積している方が根の出方が早くなっている。

バイオグラス黒20個、緑20個を左側に入れたヒヤシンスの観察実験



1日目
2009年10月16日
同量の水道水に左は
バイオグラス20個を
投入し実験開始。



6日目
2009年10月21日
バイオグラス投入の
方は容器の半分まで
のびている。水のみ
の方もようやく根が出
始めた。



3日目
2009年10月18日
バイオグラス投入の
方は早くも根が出現し
ている。



9日目
2009年10月24日
バイオグラス投入の
方はさらに伸びている。
水の根が伸びてきた。
バイオグラスより6日
ほど遅れている。



4日目
2009年10月19日
バイオグラス投入の
方は1日でさらに根が
伸びだした。



11日目
2009年10月26日
バイオグラス投入の
方は根が容器の底に
ついている。

バイオグラス黒20個、緑20個を左側に入れたヒヤシンスの観察実験 2



30日目 2009年11月14日
バイオグラスの方の根が細かく多いことが
わかる。



43日目 2009年11月27日
バイオグラスの方の芽がさらに出現し、水
の透明感が違っている。



38日目 2009年11月22日
バイオグラスの方が芽が出現



47日目 2009年12月1日
バイオグラスの方の芽がさらに伸びてきて、
左にも芽が奥に見えてきた。

3. 2 イチゴ栽培におけるバイオガラス 浸漬水の影響



バイオガラス浸漬水

水道水

いちご苗の成長比較

「優多香」を使用中のいちごの苗

「優多香」を未使用のいちごの苗



白い細根も
たくさん伸びて
います。



細根は茶色で、
根の量も
少なめです。

バイオガラス浸漬水

溜池水

3. 3 バイオグラス活水器の実用例



■設置方法

給水管に取り付けるだけ。
余分な動力は不要です。



■「あまおう」栽培農家(福岡県大木町 Kさん)

苗木の根張りがよい。冬場も休みなく花房が出て、収穫量も増えました。



■アスパラ栽培農家(佐賀県神埼市 Nさん)

木の勢い、大きさ、色目がよい。アスパラが生えてくるのも早くなった。

「あまおう」のバイオグラスによる効果

- ・糖度: 12～13度(通常は7～8)
- ・元肥: 10～15%削減(JA推奨値より)
- ・農薬: 散布回数削減
- ・収穫量: 20～30%増加

バイグラス活水器の外観



結論および考察

バイオグラスを用いたイチゴ等の水耕栽培に及ぼす影響について実験的に観察・考察した結果、下記の事実が分かった。

1. バイオグラス処理水は果物・野菜等の生育成長促進し、また糖度、収穫量を増すことが認められた。
2. バイオグラス処理水は、未処理水に比べて酸化還元電位と表面張力を減少させ、さらにPH、即ち H^+ イオン濃度を増加させる。

3. バイオガラス処理水は、粘度と表面張力の減少による浸透性向上、抗菌および処理水に溶解したイオン成分の還元性により生育促進に影響を与える。

4. バイオガラス処理水の生育促進などの効果は、バイオガラスの成分中の還元性を有するカチオンイオンの Fe^{2+} 、 K^{+} 、 H^{+} が溶解し、成長を促し活力を与え、さらに K^{+} イオンが細菌の繁殖を防ぐ作用を有することが考慮される。

バイオガラスの応用範囲

1. 内燃機関の燃費・有害排気ガスの低減
2. 野菜の水耕栽培・土壌栽培・鮮度維持
3. 温泉のスケール除去と配管類の赤錆防止
4. 温泉バイナリー発電所のタービンブレードのスケール除去と点検インターバルの延長
(稼働率向上)
5. 老人介護施設におけるバイオガラス水飲用による匂い除去
6. 養魚水槽水の殺菌・清浄・匂い除去

御清聴ありがとうございました。

久留米工業大学 名誉教授 渡邊孝司



