

マイクロ波を磁性素材によって赤外線、遠赤外線に波長転換し  
樹の葉に照射することによって  
葉の芳香が増幅される効果

株式会社 精 膳 河野 一人

河野 武平

# 磁性陶磁器



# 磁性体のマイクロ波加熱の原理

## 誘導加熱

$$P = 2 \pi f \mu_0 \mu'' H^2 \quad (1)$$

$P$  ; the energy by inductive heating,

$f$  ; frequency of electromagnetic wave,

$\mu_0$  ; permeability of vacuum,

$\mu''$  ; loss of the magnetism,

$H$  ; magnetic field

## 渦電流損による加熱

$$W = \oint B \cdot dH \quad (2)$$

$W$  ; energy by hysteresis,  $B$  ; the magnetic flux density,

$H$  ; magnetic field,

# マイクロ波による磁性体の量子力学的加熱の原理

## 磁性共鳴による加熱

$$E = 2 \pi \gamma n M g \mu_B t W$$

$E$  ; energy by electron spin resonance,  $\gamma$  ; gyromagnetic constant,

$n$  ; number of atoms of magnetic material,

$M$  ; magnetization,  $g$ ; g constant,  $\mu_B$  ; Bohr magnetic constant,

$t$  ; relaxation time of spin,

$W$  ; input energy of electromagnetic wave,

## マイクロ波によって磁性鍋を加熱することによって、鍋の内部に赤外線、遠赤外線が輻射する。

マイクロ波によって磁性体を加熱すると、磁性体の温度が上昇し、赤外線、遠赤外線を輻射すると同時に磁性体の磁性共鳴による熱力学的非平衡状態によってマイクロ波は磁性体のスピンの遷移によって増幅され2.3 μm~20 μmの赤外線、遠赤外線を黒体輻射の理想条件より増幅して輻射する。

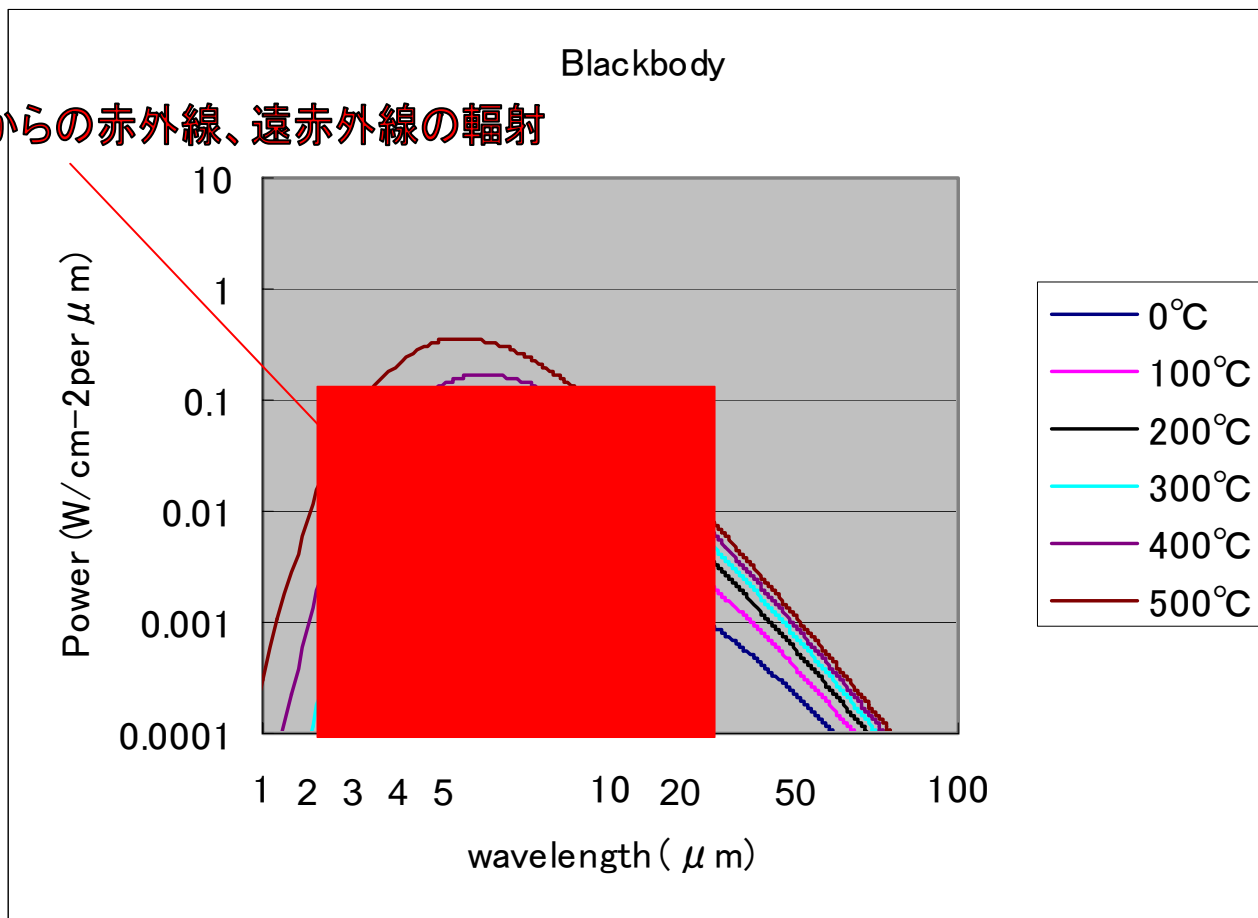
増幅され輻射されるエネルギーは次の方程式で表される。

$$P = \left( \frac{2 \pi \mu B_{rf}}{h} \right)^2 \frac{1}{2 \pi \Delta \omega} h \omega n \quad (4)$$

P;the energy of radiation,  $\mu$  ;magnetic moment,  $B_{rf}$  ;magnetic field,  $h$ ;planck constant,  $\Delta \omega$  ; transit frequency,  $\omega$ ; frequency of radiation,  $n$  ;number of atoms that are

# 黒体輻射と磁性陶磁器からの赤外線、遠赤外線の輻射波長と波長密度

磁性陶磁器からの赤外線、遠赤外線の輻射



## マイクロ波によるMn-Zn-Caフェライトの加熱

Mn-Znフェライトにカルシウムを10%添加し、合成したMn-Zn-Caフェライトを陶磁器の内部に塗布、焼結し、マイクロ波によって加熱するとカルシウム原子とMn-Znフェライトの分子による電気双極子モーメントの遷移とカルシウム原子のスピンとMn-Znフェライトの磁場による磁気双極子モーメントの遷移によって、カルシウムの吸収波長である $8\ \mu\text{m}$ ～ $50\ \mu\text{m}$ 及び $100\ \mu\text{m}$ の波長、すなわちテラヘルツ領域の遠赤外線を輻射する。

Mn-Zn-Caフェライトにマイクロ波を照射した場合のCaの電気双極子モーメントの遷移による輻射のエネルギーは次の式で表される。

$$P = \frac{4 \omega^4}{3 c^3} d^2 \quad (5)$$

P ; the energy of radiation,  $\omega$  ; frequency of radiation, c; speed of light, d; electric dipole momentum,

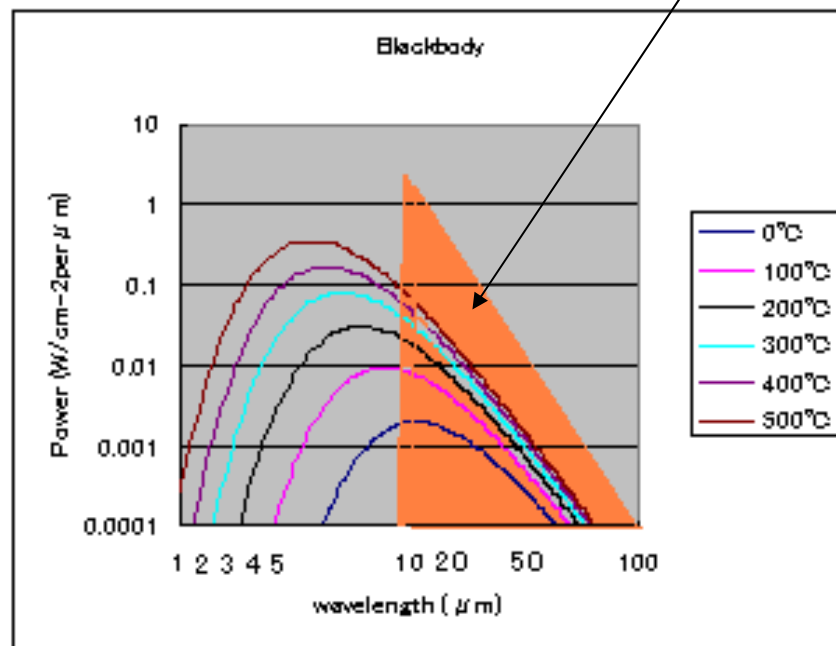
Mn-Zn-Ca の 磁場によるCaの磁気双極子モーメントの遷移による輻射エネルギーは次の方程式で表される。

$$P = \frac{4 \omega^4}{3 c^3} m^2 \quad (6)$$

P; the energy of radiation,  $\omega$  ; frequency of radiation, c; speed of light, m; magnetic dipole momentum of Ca

Caの電子双極子モーメントと磁気双極子モーメントによる $8\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ の波長範囲の輻射エネルギー密度を式(5)と(6)によって計算し、図に示す。赤い範囲がMn-Zn-Ca磁性鍋の輻射の範囲である。 $8\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ の波長範囲の黒体輻射の理想条件より、増幅されて、エネルギー密度は輻射している。

### 磁性鍋の輻射範囲



## 葉の芳香の有効利用

森林浴や緑の香りは、気分転換や疲労回復、ストレスの解消、緊張した雰囲気緩和効果、並びに認知症の予防効果がある。

磁性鍋で樹の葉の香りを増幅して香物として有効利用する。

## 赤外線、遠赤外線(2 $\mu\text{m}$ ~100 $\mu\text{m}$ )の輻射と芳香

葉、ドライフラワー、ポプリ、茶の葉、ハーブ類の芳香の感知は揮発性、脂溶性合わせて2.8  $\mu\text{m}$ ~7.1  $\mu\text{m}$ のラマン効果の生じる、赤外線の分子振動の励起の領域であるという理論と、20  $\mu\text{m}$ ~100  $\mu\text{m}$ の遠赤外線の波長の分子振動であるという理論がある。

葉の主な芳香成分であるテルペンは、赤外線、遠赤外線の領域に吸収波長がある。

## 樹の葉の主なテルペン成分

桜 イソプレン、 $\alpha$ -ピネン、カンフィネン、リモネン

月桂樹  $\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -ピネン、サビネン、ミルフェン、1,8-シオネオール、アンヘルローネ

松 サビネン、 $\beta$ -ピネン、P-シメン

よもぎ ボルネオール、 $\alpha$ -ツジヨネ

笹 トリテルペン

いちじく リアノロール

## テルペンの生成過程

- テルペン類の主なサブクラスは基本的には5炭素ユニットである前駆体イソペンテニルピロリン酸またはイソペンテニルピロリン酸の異性化によって生じる初期のプレニルピロリン酸から生成される。モノテルペン類、セキステルペン類、ジテルペン類はプレニルトランスファーゼによって触媒される5炭素ユニットの連続したhead to tail付加により生じる中間体由来する。プレニルトランスファーゼはアリルピロリン酸エステルであるゲラニルピロリン酸、ファルネシルピロリン酸及びゲラニルゲラニルピロリン酸を生成する。これらの化合物が受ける酸化還元反応はテルペンシターゼが触媒となり、多様なテルペン化合物を生成する。これらの触媒反応はMn, Fe, Mgの2価の金属イオンを介したイオン化によって生じる。

## 磁性陶磁器による樹の葉の加熱

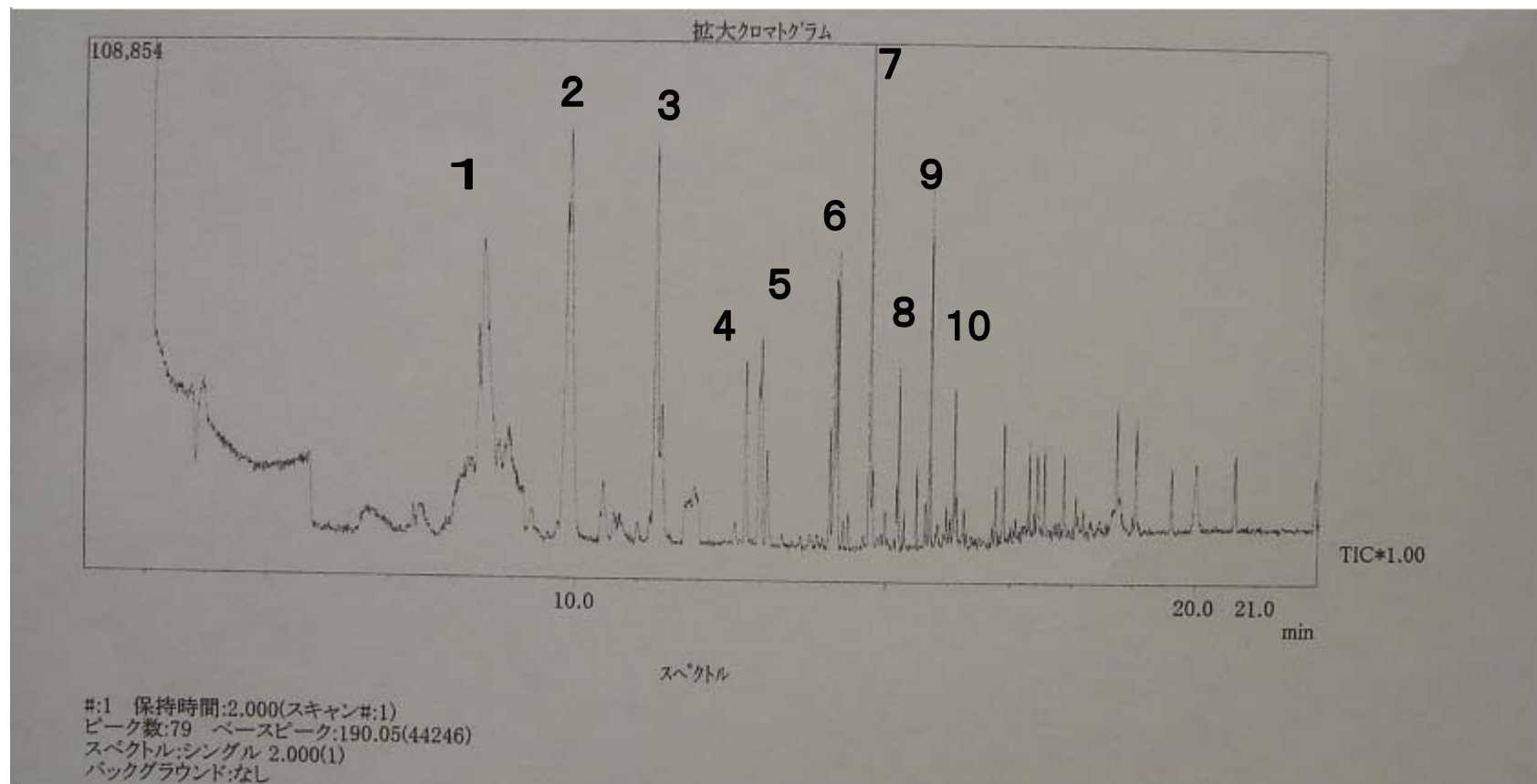
磁性体Mn-Znフェライトを内部全体に塗布し、焼結した陶磁器を電子レンジ内部で加熱すると誘導加熱、渦電流損が生じる構造において、磁性共鳴によって波長 $2\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 赤外線、遠赤外線の波長が輻射する。この電子レンジ加熱の陶磁器の内部で、桜、月桂樹、松、よもぎ、イチジク、竹の笹を赤外線輻射によって加熱し、乾燥させ、香り成分を増幅させる。香りの増幅は鼻による感応テストで直接感知できた。赤外線輻射による酸化還元効果とMn,Feなどの2価金属イオンのイオン化による酸化還元作用によって多様な種類のテルペンに派生して、テルペンが生成され香りが増幅する

磁性陶磁器によってマイクロ波加熱し、赤外線、遠赤外線の輻射によって加熱された葉の芳香成分のクロマトグラフィーによる同定



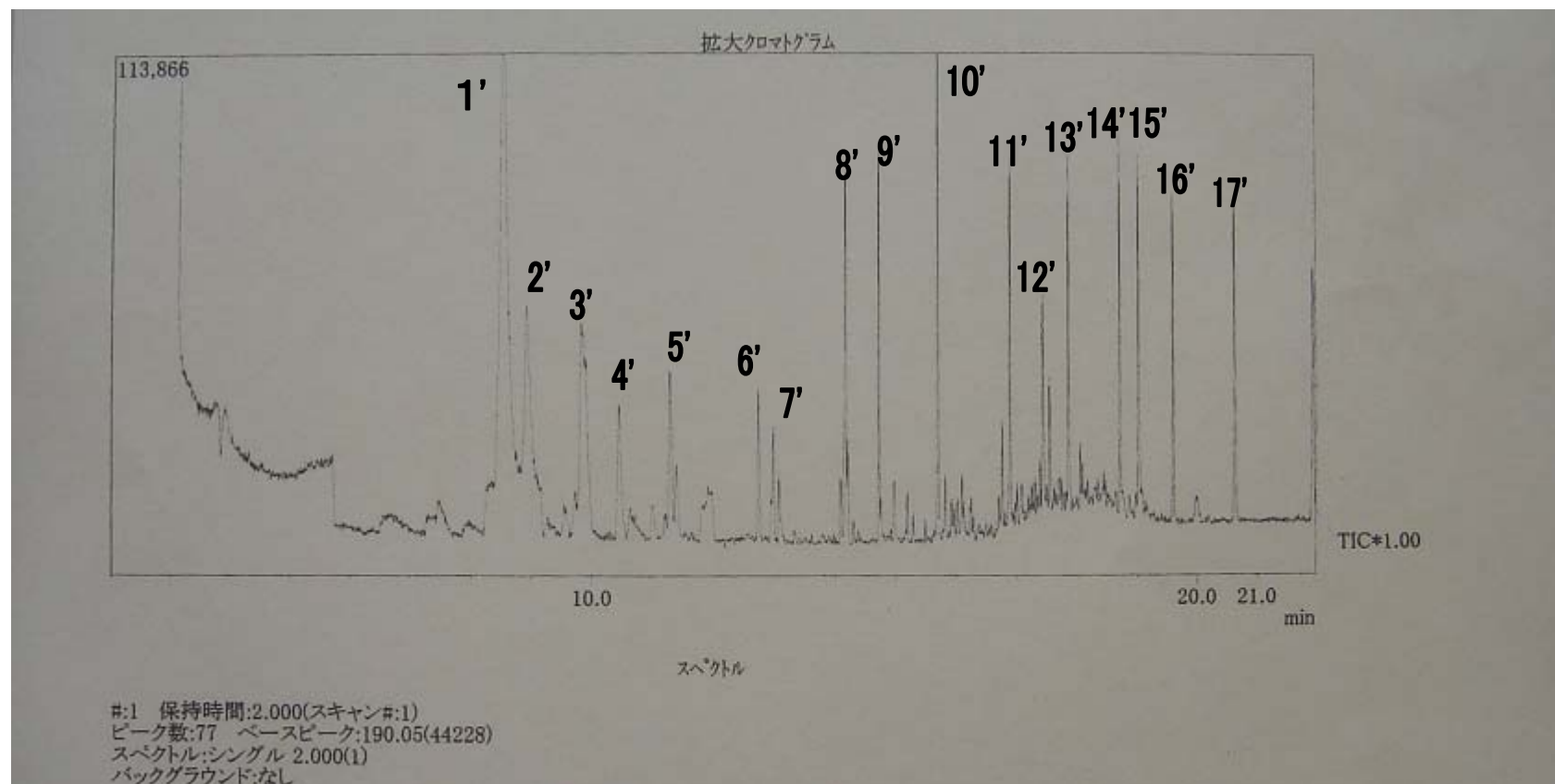
ガスクロマトグラフィー  
島津製GCMS9P2010

# 磁性陶磁器で加熱したサクラの葉のガスクロマトグラフィーの結果



【図-1】

# 磁性陶磁器で加熱したサクラの葉のガスクロマトグラフィーの結果



【図-2】

# 考察と結論

図-1, 図-2の結果は共に多様な種類のテルペン類に派生して生成されていることがわかる。図-2のテルペン生成物は図-1のテルペン生成物とまた異なった種類のテルペン生成物が生成されている。大きなピークの数を見ると、図-2の方が、図-1よりも、テルペン類はより多様に増幅して生成されている。赤外線輻射による酸化還元反応とMn, Feの2価金属イオンのイオン化による酸化還元反応によって多様なテルペン類が増加し葉の芳香が増幅することが立証できた。

葉の色素、葉緑素などが組成内に固定される。芳香が増幅した葉を紙に漉き込み葉の芳香と色をブレンドした紙を製作するなどの未利用資源の産業応用が始まった。