

カーボンマイクロコイルの化粧品への応用

Application of Carbon Micro-Coil for Cosmetics

小川 雅久
Masahisa OGAWA

日本メナード化粧品(株)

問合せ/オガワ マサヒサ 〒451-0071 名古屋市西区鳥見町2-7
TEL 052-531-6264 FAX 052-531-6274 E-mail/ogawa.masahisa@menard.co.jp

キーワード：炭素，カーボンマイクロコイル，生物活性，化粧品，コラーゲン，ケラチン，皮膚

1 炭素材料と化粧品

化粧品では、従来から純度の高い炭素として長い間カーボンブラックが着色剤として利用されてきた。黒色顔料として広く産業に活用されているカーボンブラックであるが、化粧品分野ではアイライナーなどわずかな量である。

他の炭素では、活性炭の吸着性能を期待した商品、また植物を炭化した炭を化粧品の有効成分として訴求しているものがある。例としては炭の吸着力を利用して、余分な皮脂・角質や毛穴の汚れを除去するとしているものや、浄化脱臭効果を期待したものがある。効果は定かではないが、遠赤外線効果・マイナスイオン効果やアルカリイオンの作用を訴求していたり、ミネラル成分の補給効果の作用を訴求している商品も見受けられる。製品となっているものは、石鹸、シャンプー、パック剤などが多く見受けられる。

新しい炭素材料として、様々な産業で話題となっているフラーレンを化粧品で利用してゆく動きがある。作用として使用感・紫外線吸収効果を認め特許の出願がなされている^{1),2)}。また、フラーレンは炭素の共役結合がもたらす強力なラジカル消去能力による生体の活性酸素の除去を期待されている。さらに様々な化学修飾を試みられ、皮膚保護活性の報告がある³⁾。例としてポリエチレングリコール修飾、ポリビニルピロリドン抱接、 γ -シクロデキストリン包接、水酸化あるいはイソステアリ

ン酸処理などである。これらの誘導体は生物活性として詳細な試験結果が報告されている。この新素材炭素の機能はまだ解明されていない部分も多く、今後の生物に対する効能効果の実証が待たれている。

2 カーボンマイクロコイルの可能性

カーボンマイクロコイル (CMC) は岐阜大学の元島 栖二教授が開発したらせん構造をもつ新規な炭素材料である。カーボンマイクロコイルは形状がらせん構造をもつことによって様々な機能が発見され、実用化への試みがなされている。主なものを挙げると、構造材料としての機械的機能、化学的特性としての水素吸蔵機能、電気的特性としてのマイクロエレクトロニクス素子機能、そして電磁波吸収機能などである⁴⁾。このように非常に多岐にわたる応用・実用化が検討されているが、生物活性に関する機能を日本メナード化粧品が見出し、カーボンマイクロコイル実用化の第一号として、2003年秋に化粧品に応用することができた。本稿ではカーボンマイクロコイルを応用する化粧品の開発について紹介する。

3 化粧品原料に必要な安全性試験

新規原料を化粧品に配合してゆくためには、人体への安全性が確保されていなければならない。一般に必要な

表 1 カーボンマイクロコイルの安全性試験結果

項目	試験法	結果
皮膚毒性	皮膚一次刺激性試験	問題なし
皮膚アレルギー性	感作性試験	問題なし
急性毒性	単回投与毒性試験	単回投与毒性は低い
眼粘膜刺激性	細胞毒性試験	眼刺激性は低いと想定
変異原性	復帰突然変異試験	突然変異を誘起しない

条件としては、重金属・砒素の定量値が低いこと、安全性試験の確認がされていることである⁵⁾。カーボンマイクロコイルから触媒 Ni を除去した後の安全性試験結果を表 1 に示す。この結果からカーボンマイクロコイルが安全性の高い原料であることが確認できた。

4 カーボンマイクロコイルの生物活性

炭素材料には、様々な生物活性を訴求する商品が見受けられるのは先に述べたとおりであるが、フラーレンに軟骨型プロテオグリカン量の増加を確認した報告があり⁶⁾、このような生物活性作用がカーボンマイクロコイルでも確認できるか試みた。

結果、細胞による試験で、2 種の効果を確認することができた⁷⁾。ひとつめは、ケラチノサイトの増殖促進効果である。試験方法はマウスケラチノサイト由来 pam212 細胞を、カーボンマイクロコイルを添加した 0.5 容量%ウシ胎児血清を含む Eagle's MEM 培養液で 37℃、5 体積%CO₂ 条件下、6 日間培養した。その後、トリプシン溶液にて細胞を剥離し、血球計算盤を用いて細胞数を測定し、下記計算式 (1) に従ってケラチノサイトの増殖促進率を求めた。

$$\text{増殖促進率 [\%]} = \frac{\text{試料添加群の細胞数}}{\text{コントロール群の細胞数}} \times 100 \quad (1)$$

培養液に添加するカーボンマイクロコイルの濃度を変化させてケラチノサイトの増殖促進率を求めた結果を図 1 に示す。

ケラチノサイトの増殖が確認できたことから、表皮の新陳代謝を促進することが想定でき、ひいては肌のくすみ・小じわの改善につながる事が考えられる。

もうひとつはコラーゲンの生成促進効果である。こちらも試験方法を示す。試験方法としては、コンフルエントな状態の正常ヒト皮膚線維芽細胞（「NB1RGB」理化学研究所細胞開発銀行作製）を、1000ng/ml のカーボンマイクロコイルを添加した Eagle's MEM 培養液にて 24 時間培養した後、総 RNA の抽出を行った。正常

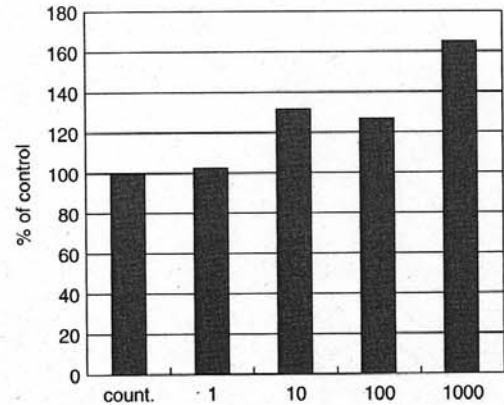


図 1 カーボンマイクロコイルのケラチノサイト増殖促進効果 (ng/mL)

ヒト皮膚線維芽細胞から抽出した総 RNA を基に RT-PCR 法によりコラーゲン mRNA 発現量の測定を行った。内部標準としては GAPDH を用いた。コラーゲン mRNA の発現量を内部標準である GAPDH mRNA 発現量に対する割合として求め、下記計算式 (2) に従ってコラーゲンの生成促進効果を求めた。結果を図 2 に示す。

$$\text{コラーゲンの生成促進効果} = \frac{\text{試験群のコラーゲン mRNA 発現量}}{\text{コントロール群のコラーゲン mRNA 発現量}} \quad (2)$$

線維芽細胞におけるコラーゲン生成促進が皮膚の弾力を増加させ、ひいてはシワやタルミの改善につながる事が示唆される。

これらの生物活性は、皮膚の老化に対していずれも有効な作用といえ、また低濃度で効果を発揮する点で、化粧品配合への可能性を大きく広げるものである。

5 化粧品と電磁波問題

カーボンマイクロコイルの機能として最も知られているのが、ギガヘルツ帯の電磁波吸収能である⁸⁾。昨今電

表 2 電磁波に関する各機関の報告

機関名	名称	発行年	見解
環境庁 (現環境省)	電磁環境の安全性に関する調査研究報告書	1992年	・WHOの環境保健基準 35, 69 を越える資料はない。 ・生活環境での電磁界はIRPAの暫定ガイドライン以下である。
通産省 (現経済産業省) 資源エネルギー庁	電磁界影響に関する調査・検討報告書	1993年	・現時点において、居住環境で生じる商用周波磁界により、人の健康に有害な影響があるという証拠は認められない。 ・また、居住環境における磁界の強さはWHOの環境保健基準などに示された見解に比べ十分低い。
環境庁 (現環境省)	電磁環境の健康影響に関する調査研究	1995年	・前回のレビューと同じく、WHO刊行の2報告の知見を修正するに足る報告はない。
米国物理学会	電力線の電磁界と公衆の健康	1995年	・科学的な文献や、他の審査機関によって審査された報告書にはガンと電力線の電磁界の間に一貫した、そして有意な関連性は示されていない。 ・このような見地から、電力線の電磁界とガンを関連づける憶測は科学的に立証されていない。
全米科学アカデミー	居住環境における電磁界曝露による健康への影響	1996年	・現在の主要な証拠は、電磁界が人の健康に障害となることを示していない。 ・特に、居住環境での電磁界により、ガン、神経や行動への有害な影響あるいは生殖・成長への影響を生じさせることを示す決定的で一貫した証拠は何もない。

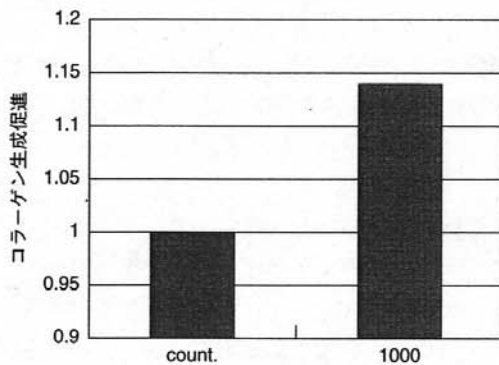


図 2 カーボンマイクロコイルのコラーゲン生成促進効果 (ng/mL)

磁波による悪影響が話題となることが多いが、携帯通信端末の各種医療・電子機器への誤作動の誘引は科学的に実証されている。これに対し人体への直接的な影響はエネルギー量が小さいため、明確なデータは示されていない。ギガヘルツ帯の電磁波は十分なエネルギー量があれば、誘導加熱作用を起こすことが知られているが、携帯電話のような微小なエネルギー量での電磁波による温度上昇は誤差程度である。ただし、温度上昇以外の人体への悪影響は現在に至るまで解明されているとはいえない。一部報道によれば、電磁波過敏症の人に脳血流の減

少を認めたものもあった⁹⁾。

政府機関や公的機関の研究による電磁波環境の健康影響に関する現時点での評価を表 2 に示す。主には電力周波数の電磁界に対するものである。

RF 電磁波 (100kHz-300GHz) による健康への影響を考え、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) の発表しているガイドラインがある¹⁰⁾。ここでは、安全性の基準として、0.4W/kg であれば、感受性の高い組織においても、環境あるいは身体活動レベルなどの限定条件に対して安全係数を持っているとしている。また、携帯電話の基地局に関する安全性を確保するため、総務省は、「電波防護のための基準への適合確認の手引き」の中で電力束密度すなわち電波の強度を 1.5GHz-300GHz の周波数で 1mW/cm² 以下、300MHz-1.5GHz で [周波数/1500MHz]mW/cm² 以下としている。すなわち 300MHz では 0.2mW/cm²、600MHz では 0.4mW/cm²、900MHz では 0.6mW/cm²、1.5GHz 以上では 1mW/cm² という基準値となる。このガイドラインでは基地局が、96W の出力で 900MHz の電波を放出した状況で、アンテナ直下での電力束密度算出法を例示している。この計算に従えば、アンテナ直下の場合 9m 以上の距離を置く必要があることがわかる¹¹⁾。

一般に化粧品は顔・頭等外界に曝されている部位に塗布するものであるから、衣服等で隠せない部分の電磁波

表 3 電磁波透過試験 (数値 dB)

周波数 GHz	6	8	13	18	50	60
1%配合ファンデーション	-2.0	-1.84	-1.2	-1.2	-2.2	-3.1
コントロール	-0.6	-0.53	-0.6	-0.1	-0.5	-0.2

防御には、非常に有効な手段であると考えられる。電磁波（紫外線・可視光線を含まない）防御を訴求した化粧品にはトルマリンやセラミックスを配合したものがあるが多くはない。特許の出願を見るとアルミニウムやその化合物を利用したもの¹²⁾、あるいは鉄やフェライトを利用したものがある程度である¹³⁾。

化粧品の電磁波防御素材としてはカーボンマイクロコイルの能力が有効と考えられる。しかしながら、純粋な炭素であるがゆえに黒色の外観をもち、特異な形状ゆえに「かさ高い」ため化粧品への配合は大きく制限される。カーボンマイクロコイルを化粧品配合した場合の電磁波吸収能について検討した結果を表 3 に示す。

ここでは、配合量を 1%とし、ファインセラミックセンター（名古屋市熱田区）が所有する自由空間型電磁波測定装置を用いて透過電磁波の計測を行った。

透過電磁波では、従来電子産業分野で計測している反射電磁波の計測に比べ非常に不利な条件のため、従来の測定地と比べ低い値となっている。これは、化粧品の目的があくまで人体の保護を目的とするため、電磁波の透過度を測定しているためである。製品の形態・目的を考え、配合方法を検討して行くことで、電磁波防御化粧品への展開を試みてゆく必要がある。

6 カーボンマイクロコイルの配合化粧品と今後

日本メナード化粧品はカーボンマイクロコイルを 2003 年 9 月にファンデーションに配合し、2004 年 2 月には第 2 弾を発売開始することができた。これらの商品は自社最高級のメイクアップブランド「フェアグレイス」から発売されており、好評をもって市場に向かえられている（図 3）。

カーボンマイクロコイルには、電磁波吸収能や生物活性以外にも様々な用途で利用が期待されている。化粧品とは直接には関係のない分野であるが、各分野での開発が進むことによって、化粧品分野での新たな可能性も期待できるのではないかと考えている。なかでも CMC 触覚センサーの開発が、近い将来化粧品の性能評価手法として有用であると考えている。いずれにしてもこのカー

ボンマイクロコイルが、広く社会に知られ、多くの活用されることを期待している。

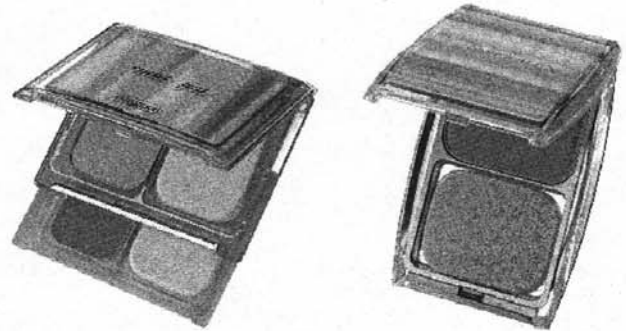


図 3 カーボンマイクロコイルを配合したメナードの化粧品（左：フェアグレイス エッセンスパクト，右：フェアグレイス パウダーパクト）

[参考文献]

- 1) 特許 2524476
- 2) 特開平 9-278625
- 3) 松林賢司 他, バイオインダストリー, 82-90, 5 (2003)
- 4) 河辺憲次, 岐阜を考える, (2002)
- 5) 日本化粧品工業連合会編, 化粧品の安全性に関する指針 2001, 6-28
- 6) 宮田直樹, 化学総説, 241-244, 43 (1999)
- 7) 田中浩 他, 第 13 回カーボンマイクロコイル研究会, 77-79 (2003)
- 8) 岩永浩, 第 6 回カーボンマイクロコイル研究会, 61-64 (2001)
- 9) 朝日新聞 朝刊, 2003 年 8 月 21 日
- 10) 国際非電離放射線防護委員会, 時間変化する電解, 磁界及び電磁界への暴露制限のためのガイドライン, 14-18 (1999)
- 11) 総務省, 電波防護のための基準への適合確認の手引き, (2001)
- 12) 特開平 5-139945
- 13) 特開 2001-288034