

トピックス

生活歯の漂白 —生活歯の漂白剤松風ハイライト™の漂白特性—

寺田林太郎, 久保田 稔

岩手医科大学歯学部歯科保存学第一講座

(主任: 久保田 稔 教授)

(受付: 2002年5月23日)

(受理: 2002年6月12日)

Key words : Vital bleaching, Shofu Hi-Lite™, Light intensity, Powder / liquid ratio, Color difference (ΔE).

1. はじめに

白く美しい歯は、古くから明眸皓齒といわれるように美と健康の象徴である。また、最近の美白ブームと相まって歯に関する関心が非常に高くなり、白い歯に対する憧れが一つの社会現象となっている。このような状況下で、歯質の切削を必要としない極めて保存的な治療である生活歯の漂白が注目されている。

松風ハイライト™は、生活歯の変色および着色歯の漂白剤として開発され、1991年アメリカで発売された¹⁾。本製品は35%過酸化水素を用い、化学触媒と光触媒の二つの触媒により過酸化水素を分解し、フリーラジカルを発生させ着色物質を分解することにより漂白作用を生じるように設計されている。以前より行われていた生活歯の漂白に比べると、光照射器を用いる簡便な操作で、短時間に効果的な漂白が行えるようになりアメリカでは急速に臨床に普及した。本邦においても、松風ハイライト™は1998年に

厚生省(現厚生労働省)の認可を受けて発売され、広く臨床に普及している。しかし、松風ハイライト™の漂白効果には個人差があることや、患者が満足する色調改善を生じさせるためには治療回数が多くなる例なども報告されており²⁾、その効果に関して未だ詳細な検討が行われていないのが実状である。

我々はヘマトポルフィリンを用いた変色モデル³⁾を考案し、松風ハイライト™の漂白効果に及ぼす影響因子を検討してきた⁴⁻⁷⁾ので、その結果を交えて、松風ハイライト™の特徴や使用方法について解説する。

2. 特徴

松風ハイライト™の構成成分を Table 1 に示すが、その配合量に関する詳細は不明である。本製品において漂白作用を発揮するのは35%の過酸化水素であり、過酸化水素の分解によって生じたフリーラジカルが有機性の着色物

Vital bleaching

-Bleaching properties of Shofu Hi-Lite™-

Rintaro TERATA and Minoru KUBOTA

Department of Operative Dentistry and Endodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University

1-3-27, Chuo-dori, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020-8505)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 27: 116-122, 2002

Table 1. Components of Shofu Hi-Lite™

Powder	Potassium peroxohydrogensulfate Potassium hydrogensulfate Manganese sulfate Hydrated amorphous silica Poly gantrez Ms-955 Guinea green dye
Liquid	35% Hydrogen peroxide

質に作用し、酸化および分子の分解を起し着色の少ない低分子に変化させることによって漂白効果が生じると考えられている^{8,9)}。松風ハイライト™では、可視光線で励起される光触媒として硫酸マンガン、練和により反応する化学触媒として硫酸水素カリウムおよび過硫酸水素カリウムが配合されており、光触媒と化学触媒の2つの活性機構により過酸化水素からのフリーラジカルの発生が促進される Dual activation system が取り入れられている。

これまで過酸化水素からフリーラジカルの発生を促進させる方法は、漂白剤に300–500W 写真照明用ライトあるいはアーク灯で30分照射する方法¹⁰⁾、漂白剤を46–60℃位に加熱する方法¹¹⁾あるいは高周波電流を用いる方法¹²⁾などが報告されてきた。これらの方法も効果はあるものの、術式の煩雑さ、特殊な器具の必要性、治療時間、患者の苦痛、通院回数等と治療効果をあわせて考えると効率的ではなかった。ところが、松風ハイライト™は、粉液混合型で操作が簡便であるばかりでなく、光照射はレジソ重合用の光照射器で十分であり、なおかつ光照射時間が3分と短い。漂白剤の有効性が漂白剤に添加されている指示薬の色で判定できるようになっており、操作がしやすくかつ効率的な漂白が可能となっている¹⁾。

3. 適応症および操作上の注意点

最も重要なことは適応症をしっかりと選択すること、すなわち加齢による変色歯、歯面清掃では除去できなかった外来性着色および縞模様のない内因性着色歯に適応を限るべきである^{2,13)}。また、漂白に先立ち齲蝕の治療および歯

肉の炎症の治療は終了しておくことが望まれると共に、術前術後の歯面清掃の徹底と漂白最中の歯肉や口唇などの軟組織の保護を適切に行う必要がある¹⁴⁾。

4. 漂白特性

山口ら²⁾は、松風ハイライト™で有効性があまり認められなかった例を報告し、この原因が着色の程度の個体差によるものと考察している。また、多くの臨床家にも、同様に有効性に関して疑問視する意見があるといわれていることから、松風ハイライト™の有効性には何か影響因子があるのではないかと考えられこの点につき検討を加えた⁴⁻⁷⁾。

(1) 変色モデルの作成³⁾

これまで行われてきた漂白の研究では、抜去歯に変色を施して被験歯とし漂白効果の比較がなされてきた。しかし、この方法では問題となっている歯の個体差による影響、すなわち、エナメル質および象牙質の厚み、エナメル質の表面性状、象牙細管の太さ等の因子を除去することができず、歯牙の個体差を含んだ漂白効果の比較になり、精度が悪いという欠点がある。

そこで、歯牙を用いない漂白モデルの開発が必要となり、ポルフィリン尿症の歯牙着色物質の一つであるヘマトポルフィリンのアルコール溶液を用いた漂白モデルを作成した。このモデルは不安定な過酸化水素が分解する際に生じるフリーラジカルが変色物質を分解していく機構を再現しており、歯牙を使用しないので個体差を除くことができ、漂白効果を直接的に評価することが可能となった。本モデルの利点は、ヘマトポルフィリンが水に不溶性であることから変色モデルの水洗が可能でありモデル上で漂白操作が可能であること、実験後に漂白モデルを乾燥すると測色による評価が可能であること、および再度変色モデルをアルコールに浸漬させヘマトポルフィリンを再溶解させることで赤外線吸光分析によるヘマトポルフィリンの定量が可能になることである。

Table 2. Color difference between stained paper and bleached paper at various light intensity (n=10)

Light intensity	ΔE (Mean \pm S.D.)
0 mW/cm ²	5.0 \pm 1.3
200 mW/cm ²	7.8 \pm 2.2
300 mW/cm ²	10.0 \pm 2.2
400 mW/cm ²	11.4 \pm 2.8
500 mW/cm ²	12.2 \pm 2.7
600 mW/cm ²	13.9 \pm 2.3

Vertical lines : No significant difference (p<0.05)
Data from Terata et al.⁴⁾

なお、以下に示す実験結果はいずれも各漂白群の変色モデルに対する ΔE によって評価されており、この ΔE は、染色後の変色モデルと漂白処置後の変色モデルの三刺激値：X, Y, Zを測定した後、Hunterの色差式によりL, a, bに換算し¹⁵⁾、以下の式によって算出した¹⁶⁾。

$$\Delta E = \{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2\}^{1/2}$$

(2) 照射器の光強度の影響⁴⁾

Table 2に、各光強度漂白群の変色モデルに対する ΔE の値を示す。 ΔE の値は300mW/cm²と400および500mW/cm²、400mW/cm²と500mW/cm²、500mW/cm²と600mW/cm²間に有意差が認められなかったが、それ以外ではすべての群間に有意差が認められた。

0 mW/cm²すなわち光照射していない群は松風ハイライト™の化学触媒のみによって過酸化水素が分解され漂白が行われた際の ΔE が示されている。0 mW/cm²と200, 300, 400, 500, 600 mW/cm²のいずれの光強度群にも有意差が認められたことより、松風ハイライト™において、光により過酸化水素の分解が促進されることが確認された。光強度の増加に伴い ΔE が増加する傾向が認められたことから、松風ハイライト™では光強度の増加により漂白が効果的に行われることが示唆された。

また、光強度300 mW/cm²と400および500 mW/cm²群間の ΔE には統計学的な有意差は認められなかった。この結果は、近藤¹⁷⁾の松風ハイライト™では光強度が300mW/cm²あれば十

Table 3. Temperature rise of bleaching material at various light intensity (n=10)

Light intensity	Temperature rise (°C : Mean \pm S.D.)
200 mW/cm ²	3.1 \pm 0.4
300 mW/cm ²	3.9 \pm 0.3
400 mW/cm ²	6.0 \pm 0.5
500 mW/cm ²	6.9 \pm 0.3
600 mW/cm ²	8.5 \pm 0.6

Data from Terata et al.⁴⁾

分であるとの見解を支持するものであった。しかし、本研究では、光強度300mW/cm²と600mW/cm²群間の ΔE には統計学的な有意差が認められており、光強度を600mW/cm²に高めることでより効果的な漂白を行えることが示された。

(3) 漂白剤の温度の影響⁴⁾

光強度の増加による漂白効果の増大は、主に光触媒の作用により過酸化水素の分解が促進されて起こると推測される。さらに、過酸化水素の分解は温度が高くなると促進される¹⁸⁾ことから、光照射による漂白剤の温度上昇や光触媒の作用で過酸化水素の分解が促進されたことに伴う発熱量の増加により漂白効果の増大が生じた可能性も考えられる。

そこで、光照射による漂白剤の温度上昇を測定した。Table 3に、各光強度群での光照射前後の温度変化を示す。いずれの群も光照射により漂白剤の温度が上昇しており、光強度の増加に伴い温度上昇が大きくなっていったが、温度上昇はいずれの群でも10°C以下であった。また、温度上昇は、照射により速やかに生じ、照射30秒後に最高温度に達し、照射終了と共に急速に低下し30秒後に元の温度まで低下していた。

過酸化水素の分解は温度が高くなるほど早くなり、10°Cの温度上昇で分解速度が約2.2倍になる¹⁸⁾といわれおり、本実験で示された光照射による漂白剤の温度上昇が松風ハイライト™の漂白効果を高める可能性があると考えられた。しかし、上述の実験からは漂白剤の温度上昇が漂白効果に与える影響は不明であるので、光照射

Table 4. Color difference between stained paper and bleached paper at various temperature (n=10)

Temperature (°C)	ΔE (Mean \pm S.D.)
24	5.0 \pm 1.3
34	5.1 \pm 1.6
44	5.3 \pm 1.8
54	6.9 \pm 1.4

Vertical lines : No significant difference ($p < 0.05$)
Data from Terata et al.⁹⁾

Table 5. Color Difference between stained paper and bleached paper at various light intensity and powder / liquid ratio (ΔE : Mean \pm S.D., n=10)

Powder/liquid ratio	Light intensity		
	0 mW/cm ²	300 mW/cm ²	600 mW/cm ²
P/L : 1 / 2	5.0 \pm 1.3	10.0 \pm 2.2	13.9 \pm 2.3
P/L : 1 / 3	5.7 \pm 0.9	14.0 \pm 2.6	21.9 \pm 4.2

Data from Terata et al.⁹⁾

Table 6. Color difference between stained paper and bleached paper for each bleaching product at various irradiation condition

(ΔE : Mean \pm S.D., n=10)

Irradiation condition	Bleaching product		
	Shofu Hi-Lite™	Powergel™	Quasar Brite™
Non irradiation	5.0 \pm 1.3	4.3 \pm 1.0	18.0 \pm 1.3
VIP-300 (180 sec)	10.0 \pm 2.2	6.7 \pm 2.1	24.0 \pm 1.3
VIP-600 (180 sec)	13.9 \pm 2.3	9.4 \pm 2.0	26.2 \pm 1.0
Kreativ Kuring Light (60 sec)	8.4 \pm 1.7	13.9 \pm 2.5	29.7 \pm 2.0
Apollo Elite (30 sec)	6.4 \pm 1.6	6.4 \pm 1.6	24.7 \pm 1.4

Data from Terata et al.⁹⁾

を行わず漂白剤の温度を上昇させた際の漂白効果を検討する実験を行った。

Table 4 に、各温度群の変色モデルに対する ΔE の値を示す。室温の24°C群、加温した34°C群および44°C群の間では ΔE に有意差が認めなかったが、室温から30°C加温した54°C群になり始めて他の群の間に ΔE の有意差を認め、温度のみによる漂白効果の促進には、漂白剤温度を54°C程度までに上昇させる必要があることが明らかとなった。これは過酸化水素単身に、Illuminator を用いて漂白を行う際の最適な温度は46–60°C (115–140°F) との報告¹¹⁾に一致しており、漂白剤の温度上昇が10°C程度では漂白効果の促進は生じないものと考えられる。したがって、光照射による漂白効果の増強は、これ以下の温度では、温度の影響をほとんど受けず、光触媒の作用により過酸化水素の分解が促進されることで生じているものと考えられる。

(4) 漂白剤粉液比の影響⁵⁾

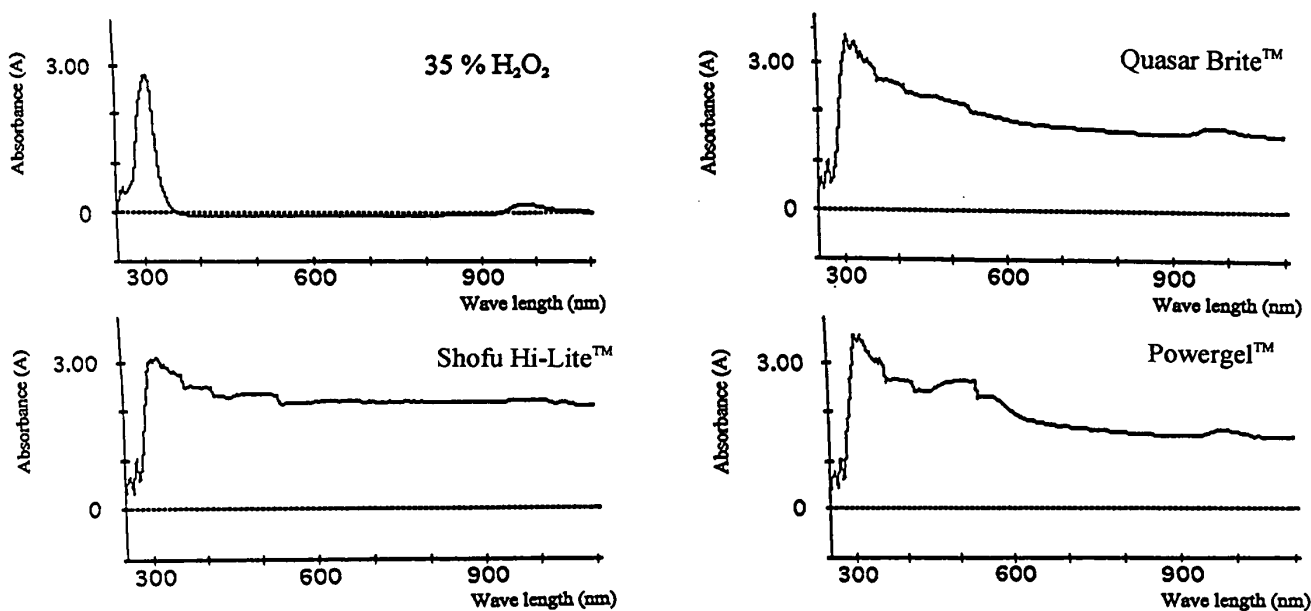
Table 5 に粉液比と光強度を変化させた漂白群の変色モデルに対する ΔE の値を示す。粉液

比1 : 2群および粉液比1 : 3群の両群において光強度の増加により有意に ΔE が上昇していた。また、光強度の増加に伴う ΔE の増加の程度は粉液比1 : 3群が粉液比1 : 2群よりも大きかった。粉液比1 : 2群および粉液比1 : 3群の比較ではいずれの光強度においても粉液比1 : 3群の ΔE が高い値を示しており、光強度0 mW/cm²以外では有意差が認められた。

松風ハイライト™の漂白効果は粉液比に影響されることが明らかとなり、過酸化水素水の量を増加させれば漂白効果が高まり、さらに光強度の増加で漂白効果がより高められることが明らかとなった。

(5) 光照射条件の影響⁶⁾および漂白剤の吸光度特性⁷⁾

Table 6 に各光照射条件群の変色モデルに対する ΔE の値を示す。光照射条件群は、練和した漂白剤を3分間変色モデル上に放置した後、光照射を行わず3分間室温で放置した対照群 : Non irradiation, ハロゲン光源の光照射器VIPで光強度300 mW/cm²で3分間光照射を



Data from Terata et al.⁷⁾

Fig. 1. Characteristic curve for absorbance property of hydrogen peroxide bleaching products

行った群：VIP-300 (180sec), 光強度600mW/cm²で3分間光照射を行った群：VIP-600 (180sec), ハロゲン高出力光照射器 Kreativ Kuring Light の Boost Mode で1分間光照射を行った群：Kreativ Kuring Light (60sec), およびプラズマ光照射器 Apollo Elite の Full Power Mode で30秒間光照射を行った群：Apollo Elite (30sec) とし, いずれの群もその後2分間室温で放置し漂白処置を終了した。漂白剤は, 35%過酸化水素を用いる松風ハイライト™, Powergel™ (白美粉) および Quasar Brite™ (白輝粉) の3種を用いた。

いずれの光照射群も光照射のない対照群と比較すると漂白効果は大きくなっていったが, 松風ハイライト™ではVIP-600 (180sec) が, 化粧品使用として粉末のみが市販されている Powergel™ および Quasar Brite™ では Kreativ Kuring Light (60sec) が最も漂白効果を増強しており, 漂白に際しては各漂白剤に適切な光照射条件を選択する必要性が示された。光照射条件すなわち光強度と作用時間の影響, および漂白剤の光に対する感受性(吸光度特性) が関係しているものと考えられる。

そこで, 各漂白剤の吸光度特性を調べた。測定された分光曲線の代表例を Figure 1 に示す。35%過酸化水素では波長308.7±1.3および988.0±1.6nm に, 松風ハイライト™では波長310.0±1.6および1041.3±1.2nm に, Quasar Brite™では波長309.7±1.7および978.0±1.6nm に, Powergel™では波長316.7±1.2, 533.0±1.6および971.3±1.2nm に吸収ピークが認められた。各漂白剤の吸光スペクトル中の310nm付近と980nm付近の2つの吸収ピークは, 過酸化水素の過酸化結合電子によるものと考えられる。Powergel™では540nm付近にも吸収ピークが認められているが, これは添加物によるものと思われるが Powergel™の成分が公表されていないので詳細は不明である。

光照射器の出力波長領域(420–550nm付近)では, 35%過酸化水素では吸収はほとんどなく, 松風ハイライト™ではほぼ一定のブロードな吸収スペクトルであった。Quasar Brite™も類似したブロードな吸収スペクトルであるが, 高波長域ほど吸光度が低くなっていた。Powergel™は533nmに吸収ピークをもつ以外には Quasar Brite™ とほぼ同様のスペクトラ

ムであった。このように、3種の過酸化水素含有漂白剤の吸光度特性は異なっており、それぞれの漂白剤が光照射器の出力波長と光強度により漂白効果に影響が与えられる可能性が示唆されている。すなわち、光照射器の出力波長分布が同じであれば光強度に、出力波長分布が異なればその波長領域に影響される可能性があることが判明した。

以上のように、松風ハイライト™の漂白効果には単に変色歯の状態が関与しているばかりではなく、照射条件に関する様々な因子が影響を及ぼしていることが判明した。したがって、松風ハイライト™の漂白効果をより有効に引き出すには、これら影響因子を考慮に入れる必要がある。

5. 漂白の問題点

生活歯の漂白を行うことで、歯髄刺激や内部吸収を起こす可能性があること、薬剤の漏洩により歯周組織に為害性をおよぼす可能性があることを念頭に入れ、処置に当たっては細心の注意が必要である¹⁴⁾。

失活歯に比べ生活歯の漂白では後戻りが生じやすく問題点となるが、適切な口腔衛生管理と必要に応じた追加漂白を行うことで漂白効果を維持することが可能であると考えられる。

6. まとめ

現行の生活歯の漂白は一般に35%の高濃度の過酸化水素を用いて行われているが、高濃度の過酸化水素には強い刺激性および腐食性があり、軟組織や歯髄に対する刺激を危惧して歯の漂白の導入を躊躇している歯科医師が少なくない。そのために、漂白をしてもらえない、あるいは悩みを抱えている患者がまだ多く存在することは憂慮すべき事実である。また、適切に治療が成されなかったことにより治療効果があがらず、生活歯の漂白が過小評価されていることも事実である。

欧米では新しい漂白システムが次々に登場しており、現在の漂白システムではその漂白効果

や副作用あるいは操作法などに問題が残されていることが示されている。この様に日々発展を遂げている生活歯の漂白は、歯牙を切削することなく色調改善を可能とする極めて保存的な方法であり、この利点を生かし、さらに安全で確実なシステムにするために、今後とも多角的かつ詳細に検討していく必要があると考えられる。

本論文に主に引用した我々の研究³⁻⁷⁾は、文部省私立大学ハイテク・リサーチセンター事業補助金を受けた岩手医科大学先進歯科医療研究センターにて、文部省科学研究費(奨励A, No.12771148)および日本歯科漂白研究会研究奨励の補助金を受けて行われた。

また、本論文に記載した実験結果は、いずれも日本歯科保存学会の了承を得て転載した。

文 献

- 1) Hanosh, F. D., Hanosh, G. S.: Vital bleaching: A new light-activated hydrogen peroxide system. *J. Esthet. Dent.* 4: 90-95, 1992.
- 2) 山口龍司, 新海航一, 加藤喜郎, 下河辺宏功, 川上進, 金子潤, 久光久, 東光照夫, 松葉浩志, 新谷英章, 妹尾博文, 占部秀徳: 松風ハイライトを用いた変色歯漂白法の臨床成績, *日歯保存誌*, 40: 204-233, 1997.
- 3) 寺田林太郎, 小原賢一, 久保田稔: ヘマトポルフィリン変色モデルの色調変化, *日歯保存誌*, 43: 秋季特別号, 137, 2000.
- 4) 寺田林太郎, 小原賢一, 久保田稔: 松風ハイライトの漂白に及ぼす光強度の影響, *日歯保存誌*, 44: 746-749, 2001.
- 5) 寺田林太郎, 小原賢一, 久保田稔: ヘマトポルフィリン変色モデルの色調変化, —松風ハイライトの粉液比が色調変化に及ぼす影響—, *日歯保存誌*, 44: 春季特別号, 43, 2001.
- 6) 寺田林太郎, 小原賢一, 久保田稔: 光照射条件が過酸化水素含有漂白剤の漂白効果に及ぼす影響, *日歯保存誌*, 44: 秋季特別号, 164, 2001.
- 7) 寺田林太郎, 渡邊紀子, 小野寺奈美, 久保田稔: 過酸化水素含有漂白剤の吸光度特性, *日歯保存誌*, 45: 春季特別号, 159, 2002.
- 8) Goldstein, R. E., Garber, D. A.: Complete Dental Bleaching; 1st ed., Quintessence Co., Chicago, 25-33ページ, 1995.
- 9) 中村 聡: 光エネルギーによる歯の漂白の化学; *東京都歯科医師会雑誌*, 47: 500-510, 1999.

- 10) 松見秀之, 金子智則, 大森 哲, 若月裕文, 小池成治, 鬼島成和, 片山伊九右衛門, 西川博文: 漂白による歯の色調変化の研究, 日歯保存誌, 34: 1658-1663, 1991.
- 11) Goldstein, R. E., Garber, D. A.: Complete Dental Bleaching ; 1st ed., Quintessence Co., Chicago, 64-66ページ, 1995.
- 12) 松葉浩志, 小杉紀子, 東光照夫, 鈴木敏光, 久光久: 高周波電流を併用する変色歯の漂白法, 歯科審美, 7: 18-22, 1994.
- 13) 近藤隆一, McLaugh, G., Freedman, G. A.: カラーアトラス歯の漂白, 第1版, 医歯薬出版, 東京, 10-17ページ, 1998.
- 14) 久光 久, 松尾 通 編集: 歯の漂白, 第2版, デンタルフォーラム, 東京, 97-101ページ, 1998.
- 15) 日本規格協会 編集: L*a*b*表色系及びL*u*v*表色系による物体色の表示方法 JIS Z 8729, JISハンドブック色彩, 第1版, 日本規格協会, 東京, 155-164ページ, 1982.
- 16) 日本規格協会 編集: 色素表示方法 JIS Z8730 ; JISハンドブック色彩, 第1版, 日本規格協会, 東京, 165-182ページ, 1982.
- 17) 近藤隆一: 超実践ホワイトニング1, ホワイトニングビギナーズ・コース, 歯界展望, 94: 113-123, 1999.
- 18) 日本パーオキシサイド株式会社編: 安全指針ー過酸化水素(工業用)ー, 日本パーオキシサイド株式会社, 東京, 1-2ページ, 1996.