「ゲル」特集

ゲルの応用

伏見 隆夫

1. はじめに

ここでは、日常生活で実際に使用されているゲルの応用例を紹介しながら、その中で働くゲルの機能について述べていく。

合成高分子ゲルは、高分子合成の始まった初期には、無用の副生成物と認識され、その後も、コンタクトレンズなど柔軟な合成素材の要求される特殊な狭い領域で研究開発されるのみであった。

ところが、1970年代後半に高吸水性ポリマーが開発され、安価に簡単に合成高分子のハイドロゲルが得られるようになり、1980年代には、この材料を中心にポリマーゲルの応用研究が大きく進展し、実用化も進み、1990年代にはいと、さらなる応用展開をもとめて多方面で、ポリマーゲルのメーカーと、ユーザー企業との共同研究が進められている。その流れを、時系列で大局的に示すと、次のようになる。

- ① 高吸水性ポリマーの衛生用品（生理用品、紙おむつなど）への利用が確立された。
それに伴って、
 - ② 日本の化成品メーカー数社を中心に、高吸水性ポリマーの量産体制ができあがった。
 - ③ 量産された高品質、低コストの高吸水性ポリマーのハイドロゲルについて、各方面で、新規用途の開拓が進められた。
 - ④ 高吸水性ポリマーのハイドロゲルが注目を集めたのを契機に、合成高分子ハイドロゲル全般の研究が活発になった。
- そして、1990年代に入った最近の状況は、以下のようにとらえられる。

- ⑤ 合成高分子ゲルの基礎研究が急速に進展しつつある。
- ⑥ ゲルを形成する合成高分子として、汎用の高吸水性ポリマー以外の数多くの新しいポリマーが開発され、応用されつつある。
- ⑦ 高吸水性ポリマーのハイドロゲルの多方面での用途開拓の研究が実を結んで、実際の利用が始まっている。
- ⑧ 汎用の高吸水性ポリマーについて、各方面での応用に合わせて、細かな改良が進められ、様々なバリエーションをもつ品種が生まれている。
- ⑨ 合成高分子ゲルが地球緑化などのビッグプロジェクトの基礎資材として認識され、新たな可能性に挑戦しつつある。
- ⑩ 食品加工などの伝統産業でのハイドロゲルの応用技術の蓄積を科学的に解明して、他の産業分野でのハイドロゲルの応用などに広く役立てようとする研究がある。
- ⑪ バイオテクノロジー、医学の進歩に伴い生体ゲルの基礎研究、合成高分子ゲルの医療資材の改良研究が進展しつつある。

2. 合成高分子ゲルの特性と機能

個別の実用例の検討に入る前に、合成高分子ゲルの多彩な特性と機能を包括的に把握しておこう。

合成高分子ゲルの代表例である高吸水性ポリマーは、自重の数百倍の水を吸収する「高い吸収性」と、いったん水を吸収して膨潤したハイドロゲルになったら、圧力がかかっても水を離さない「優れた保水性」とを有し、イオン性基（電離性基）を有する電解質ポリマーがわず

Practical Application of Polymer Gel

筆者紹介 TAKAO FUSHIMI

Japan Patent office

特許庁審査第三部流通機器審査室 特許庁審査官・審判官

筆者は高分子化学を専門とし、現在はポリマーの流通パッケージ資材に関する特許の審査に従事されている。

著書として「最新特許にみる高吸水性ポリマー開発応用アイデア集」（工業調査会）などがある。趣味はバトミントン、スキューバダイビング。

本稿では、ポリマーゲル応用品開発のポイントについて概念図を用いて平易に解説していただいた。

図 1 合成高分子ゲルの特性と機能 (ハイドロゲルを形成する高吸水性ポリマーを中心に整理した)

かに架橋した構造をもつ。中でも、イオン性基としてカルボン酸ナトリウム基（ $-\text{COONa}$ ）を有する電解質ポリマーの架橋体は、工業生産が容易で低コストのため、最もポピュラーな高吸水性ポリマーとなっている。

高吸水性の原理は、吸水前、高分子の長い鎖が相互にからみ合い、ところどころ鎖どうしが架橋結合して三次元網目構造になったものが、全体として密に固まっている。それぞれの高分子鎖は、電離しやすく、親水性のカルボン酸ナトリウム基を持っているので、吸水すると、水に溶けようとして広がる。高分子鎖の網目内に水が浸入してくると、カルボン酸ナトリウム基のナトリウムイオンが解離してカルボニル基となり、陰イオン同士の反発で、高分子鎖がさらに広がり、三次元網目の中にたくさんの水が取込まれる仕組みである。

このような合成高分子ゲルの実際の応用面について、その活用のされ方をみていくと、単に吸水能・保水能という性質が利用されているだけでなく、樹脂の粘着性、膨張性、水選択吸収性、水徐放性、生体親和性など、種々の機能が見出だされ、活用されていることがわかる。図1に、それらの特性と機能、応用との関係をまとめた。次に、具体的事例をみていこう。

3. 衛生・生理用品

紙おむつに代表される衛生・生理用品は、高吸水性ポリマーの使用により、商品性能が飛躍的に向上したため、それらの商品が世界的に広く普及して、高吸水性ポリマーの需要を伸ばしてきた重要な実用例である。

環境問題に厳しい欧米でも、従来の布おしめの洗濯・乾燥・再使用に比べて、環境に及ぼす負荷は大きくないとされ、普及・量的拡大が続いている。

高吸水性ポリマーの生産量は、この十数年の間にゼロから20万トン（世界全体、年間）にも伸びた。今後も日本のポリマーメーカーの技術供与により欧米でプラントの増設が計画されている（表1）。

高吸水性ポリマーの最大の用途は、現在も、衛生・生理用品分野であり、約70%を占める。

紙おむつは、基本的には、薄葉紙2枚の間にバルブ、高吸水性ポリマー（5～6g）が挟まれた積層体の構造をもつ（図2）。流れ出た尿をまずバルブが受けとめて、次に、高吸水性ポリマーがゲル化しながら、バルブから尿を取り去り、バルブを乾かして、次に備える…という連携プレーで、高吸水性ポリマーは、吸水ポンプ兼タンクの役割を果たす。現在も、初期吸収性を高めるため、ポリマー粉体に非イオン性界面活性剤を加えたり、バルブとポリマーの配置や、積層構造を工夫するなどの改良が進められている。

表1 高吸水性ポリマーの種類とメーカー企業

ポリアクリル酸塩系	日本触媒、花王、住友精化、荒川化学、三菱油化、三洋化成、日本合成、積水化成品、東亜合成、Stockhausen、Dow、Nalco、BASF、NA-Industry、Allied-Colloid、Norsolor、Chemdal
デンプン-アクリル酸塩	三洋化成、日澁化学、Hoechst-Celanese、Hoechst
酢酸ビニル共重合体	住友化学
無水マレイン酸共重合体	クラレ
ポリビニルアルコール系	日本合成
CMC系	ダイセル

図2 紙おむつの全体構造と尿吸収の仕組み

また、生理用ナプキンでは、コンパクトな形態の中に、血液を主体とする溶質成分の多い液体を吸収、保持しなくてはならないので、高吸水性ポリマーの役割はより重要であり、血液成分の有機物や各種イオンに影響を受けにくいタフな吸収性と、吸収後のゲル強度の高いポリマーが使用されている。

これらの用途では、人体に近接してポリマーハイドロゲルが存在し、装着物があることを人に意識させないように、ポリマーハイドロゲルを皮膚から分離してドライな接触面とするために、不織布の表面シート（紙おむつ）や、フィルムメッシュシート（生理用ナプキン）が重要な役割を果たしている（図3）。ポリマーハイドロゲルの生活日用品への応用では、このような周辺部材との巧みな組み合わせが実用化のポイントである。

図3 吸収性衛生用品でドライ感を得るためのメッシュシート（ハイドロゲル吸収剤を人体と分離しておくためのデバイス）

4. 土壌保水剤¹⁾

高吸水性ポリマーのハイドロゲルは、小さな粒子の形態で土壌に混合すると、水の貯蔵庫として働き、植物への水の供給源となる。ただし、灌水時の吸水・膨潤、乾燥時の収縮を何度も繰り返し、土の中の微生物や各種イオンに接すると、ポリマーが劣化して糊のようになっていたり、架橋・固化して石のようになってしまうこともある。

そこで、このような農園芸用の土壌保水剤として、土壌の保水性をよくするために使用されるハイドロゲルとしては、橋架け密度がやや高く、ゲルとしてつぶれにくく壊れにくいもので、耐久性、耐候性のよいものが使用される。

ハイドロゲル土壌保水剤を使用すれば、土壌水分の増加で、比熱が大きくなり、土の温度変動が少なくなると、植物の生育にいい効果があり、またハイドロゲルの膨潤・収縮で土壌粒子の間隙を押しひろげ、土壌の通気性を高める効果もある。

高吸水性ポリマーのハイドロゲルが保水剤としての性能を十分に発揮できるためには、土壌への混合状態や土壌自体の特性、植物の根との位置関係など、様々な条件が適合している必要があり、単純ではない。

降雨量の多い日本では、コストの制約もあり利用が限

図4 岩盤斜面緑化資材

られ、公園や道路緑地帯などの公共緑地の保全、乾燥地農業、林業、灌水の省力化などの目的での使用が中心である。

土壌保水剤としての用途で最近伸びている応用例としては、岩盤斜面などの緑化資材がある（図4）。

土木・建設工事で、自然の地表面を削ってできた斜面は、土壌がなく、岩盤質で、風雨にさらされて崩れたり、土砂や泥水をもたらすので、植生を施し、緑化して、土壌や植物の根をはりつかせて安定化することが必要である。

高吸水性ポリマーは岩盤上に不織布ネットや吹き付け物として固定され、ハイドロゲル化して、表土のような役割を担い、四季おりおりに草を繁らせて岩盤の崩壊や泥水を防ぎながら土壌の形成を促進する働きをする。

土壌保水剤の使用量は、急激には伸びず、高吸水性ポリマーの全生産量の約1割と推定される。

5. 土壌改良剤、砂漠緑化用資材²⁾

土壌保水剤の機能を発展させて、保水性の改良のみならず、様々な土壌の改良の機能を持たせようとした土壌改良剤も開発され、各方面で試みられている。

農業生産に利用されるような生きた土壌は、粘土や砂粒の他に、動植物の遺体やその腐敗分解物、微生物、ミミズ、トビムシなどの有機質、水、空気を含む多彩な構成成分からなり、物理的にも、微粒子、微粒子の集合体の二次粒子、二次粒子の集合体の団粒という多段階の構造で、粒子間に水や空気を取り込まれた複雑な形態になっている。

このような土壌の構成が、有機物の分解作用や液体の濾別、イオン交換能による緩衝作用を実現し、優れた農業生産につながる土地の肥沃性をもたらしている。

したがって、土壌改良剤に求められる特性、役割りは、単純ではなく、利用条件によって大きく異なる。

高吸水性ポリマーのハイドロゲルを農薬や肥料などの担体とし、薬剤の徐放作用を利用した農園芸用の土壌改

A. 肥料成分を中心とした農園芸用の土壌改良剤の構成例

B. 乾燥地域の砂漠土壌向けの砂漠緑化用資材の構成例

図5 土壌改良剤

良剤は、各種製品化されている（図5）。

一方、砂漠緑化用資材としての土壌改良剤は、図示する例のように、無機塩類を始めとする様々な成分を組み合わせた複雑な構成である。しかも、適用する地域の土壌の温度条件など、環境に応じての工夫も必要になる。

さらに、実際の土壌改良の現場では、それを土壌に配合すれば済むのではなく、必要最小限の水を定期的に施す孔開きパイプの散水設備を付加するなど農業土木工事も必要になる。高吸水性ポリマーメーカー、大学、国立研究機関は、国のプロジェクトで、このような地道な努力・改良を重ねながら、エジプト等の乾燥地帯を農地化、緑地化する研究を続けており成果を挙げつつある。

6. 人工種子³⁾

植物バイオテクノロジーの進歩に伴い、実用化段階に入りつつある「人工種子」も、技術的に興味深いゲルの応用分野である。

人工種子は、『分化して完全な植物を創造できる能力を有する分裂組織を、その生育を許容するゲル中に包封したもの』と定義され、古くから研究されてきた。

近年、増殖の難しい優良品種や、不稔個体を効率的に増殖させるため、カルス培養などの組織培養技術で、不定胚、不定芽などの個体に発育しうる分裂組織を量産し、それらを個体に生育させる技術が確立された。

しかし、不定胚、不定芽は、そのままでは、ストレス、ショックに弱く、実験室から出られないので、それらを従来の自然の種子と同じように、貯蔵、流通、播種、育苗などの取扱いができるようにするため、ゲルで

自然の種子

人工種子

図6 人工種子

パッケージ化して、「人工種子」にする必要がある訳である。

キリンビールなどの食品メーカーでは、実用化した野菜の人工種子を社内の植物工場の種苗として利用し始めており、人工種子が市場を流通する日も近い。

一般的には図示するような構造で、マトリックスのハイドロゲルとしては、アルギン酸塩などの天然多糖類のポリマーが使用される（図6）。

ゲルが硬すぎたり、柔軟すぎると、播いた後で、植物分裂組織が萌芽するときの物理的抵抗になって、発芽率が下がってしまうとの反省から、ゲルの含水率を低くして、ゲルポリマーの架橋度をやや高くして脆くして、さらに、不活性物質を混ぜてゲル内に不連続相を設けておくと、人工種子は、播いた後、土壌水分を吸って膨潤し、内部の植物組織の成長にともない自然にゲルがはじけて簡単に萌芽する『自己裂開システム』とするなどの改良が進められている。人工種子用の複合ゲルビーズ製造装置などの周辺技術開発も進んでいる。

7. 食品包装材、接触脱水シート⁴⁾

高吸水性ポリマーを葉菜類や果物の包装シート、トレイに使うと、移送中や保存中蒸散される水分を捕集、ゲル化して、系内の腐敗などのきっかけとなる余分な水を確実に除去するので、商品劣化を防ぐ、鮮度を保持するなどの効果があり、各種のパッケージ材に応用され、実用化されている。

食品包装材関連では、「食品接触加工用接触脱水シート」が、技術的に面白い。高吸水性ポリマーの高吸水・保水性と、浸透圧の高いショ糖液の吸水力とを組合わせて、強力な脱水力を持たせたシート材料である。高吸水性ポリマー自体は、保水力は高いものの吸水力は流れ出る水を受け止めて捕らえる程度であり、他の物質に含まれる水まで奪い取るほどには強くない。そこでショ糖濃厚溶液の浸透圧による吸水力を組み合わせて増幅強化したものである。

図7 食品加工用接触脱水シートの構成と原理

図のように半透膜の上に浸透圧発生源となるショ糖の層、その上に高吸水性ポリマー層を設けた構造である(図7)。とりたての魚などをシートに接触させて一日置くと、余分な水分(遊離水)のみが魚肉から吸収されて、一夜干しの身のしまったうまい加工品になるなど、生鮮食品の加工に役立ち、「グルメするシート」と呼ばれている。

8. 化粧料⁵⁾

高吸水性ポリマーのハイドロゲルは、ポリマー分子の中に水分が取り込まれており、簡単に水分がとれて乾燥しないこと、無色透明であること、安全・無害であること、適度な粘性、流動性があること、貯蔵安定性があること、他のポリマーや化合物と相溶性があることなどの特徴をもつ。このため、スキンケア、ヘアケア、ボディケアなどの様々な化粧料製品の基剤や保湿剤として利用が進んでいる。

クリームなどの乳化化粧料に配合すれば、ベトつかず、しっとり、サッパリした感触になり、油性グリースを含む固形化粧料の代替基剤とすれば油よごれもなくサッパリしたものになるなどの効果がある。

配合用途を列举すると、

- ① 乳液、クリーム、ヘアクリーム、リキッドファンデーションなどの乳化化粧料
- ② 化粧水、美容液、整髪料などの液状化粧料
- ③ パウダーファンデーション、アイシャドウなどの練状または固形化粧料
- ④ リンス、洗顔クリームなどの洗浄剤

(D-グルクロン酸とN-アセチル-D-グルコサミンとの共交互重合の高分子量ポリマー)

図8 ヒアルロン酸(天然多糖類の高吸水性ポリマー)の構造

⑤ ピールオフ型液状パックなどのパック剤などとなる。

スキンケアのための基礎化粧料では、適度な水分保持が皮膚の健康維持によいと最新の皮膚科学の知見のもとに、微生物培養で得たヒアルロン酸(天然多糖類の高吸水性ポリマー)のハイドロゲルを配合したものも製品化されている。

ヒアルロン酸は、図8に示すようなD-グルクロン酸とN-アセチル-D-グルコサミンとの交互共重合体であり、分子量が数十万以上もある。そもそも生体内の結合組織の基質成分であり、人体内でも粘弾性、保水力の強いハイドロゲルとなってタンパク質と複合化し、ゼリー状のマトリックスを形成している(図8)。

細胞内では、細胞の形態を保持、細胞間物質の移動を抑制、細菌の侵入を防止、外部からの機械的刺激を緩和するなどの働きをする。表皮組織では、形態保持、柔軟性の確保や、pH調整(ヒアルロン酸中のカルボン酸基が、周囲のpHや塩濃度、対イオンの影響を受けて、イオン解離し、ゲル体積を変化させる)に役立っている。

このように、ヒアルロン酸のゲルは、天然のもので生体適合性があり、高吸水性で多機能なので応用が広がりつつある。

9. コンクリート混和・改質剤⁶⁾

土木・建築用のケイ酸カルシウムを主成分とするポルトランドセメントは、水を加えてペースト状にすると、水和反応を起こし、ゲル状態を経て硬化する。水和・硬化に必要な水は少量だが、実際のセメントスラリーは、搬送、打設などの作業性をよくするため、多量の水を加えて流動性を持たせてある。

この余剰の水のため、硬化後のセメントに大きな空隙ができたり、養生に時間がかかるなどの問題があった。そこで、1980年頃から、セメントスラリー中に、高吸水

性ポリマー微細粉を添加して、細かな球状ハイドロゲルを混入させ、余剰水分が少なくても十分に流動性があり作業性のよいものを調整しようとの試みが始められた。

セメントスラリー中には、カルシウム塩、マグネシウム塩、アルミニウム塩などが溶けており、多価金属イオンが多い。塩類のもたらす多価金属イオンの存在によって、一般的なアクリル酸ナトリウム系の高吸水性ポリマーは、ナトリウムカチオンがイオン解離できず、ポリマー鎖網目も広がらず、吸水できない。そこで、塩類の影響を受けず高吸水性を発揮して、ハイドロゲルを形成できる「耐塩性」の高吸水性ポリマーの研究開発も進められた。

耐塩性の改良の手法は、大別して以下の三つになる。

- ① 金属イオンと結びつかない非イオン性の親水基だけで高吸水性ポリマーを構成する。
- ② イオン交換樹脂やキレート化剤を併用して、高吸水性ポリマーに影響を及ぼしそうな金属イオンを奪い取ってしまう。
- ③ 多価金属イオンを取り込みにくい解離基で高吸水性ポリマーを構成する。

現在では、③の手法による改良研究が活発である。高吸水性ポリマーにカルボキシル基や水酸基以外の親水基、スルホン酸基、サルフェート基、リン酸基などを導入する方法である。

このような耐塩性高吸水性ポリマーをポルトランドセメント 1 kg、砂利骨材 5 kg、水 0.5 l のセメントスラリーに 1～2 g の割合で添加配合すれば、前述の流動性、作業性がよくなる。さらに、形成された微細な球状のハイドロゲルは、セメント硬化過程でスラリー中の余剰水をマイクロ分散した状態で吸水・保持して長期間にわたってゆるやかに放出するため、セメント硬化過程でのアルカリ塩の表面析出がなくなり、初期凝結・養生の時間が短くなり、硬化成形物は空隙や亀裂がなく高強度であるなど、多くのメリットがあり、急速に普及しつつある。

10. シーリング材、浸水防止剤⁷⁾

ハイドロゲル化する高吸水性ポリマーを合成ゴム中にマイクロ分散して、吸水力、膨張力をもつ水膨張性ゴムを調整し、土木・建築分野の各種施設で、水の流出・流入を防ぐために使う止水材、シーリング材が作られ、利用されている。

図 9 に示すのは、上下水道の地下埋設ヒューム管の接合部のシーリング材であり、接合部の形状、大きさに合わせてリング状に成形されていて、中の水の漏出や外の泥水の侵入を防止する働きをする (図 9)。ひとたび埋設されると、数十年間もの長い間、泥水、汚水、海水や

図 9 コンクリートヒューム管の接合部シーリング材

図10 電気ケーブルの構造と浸水防止剤の働き

各種の物理的刺激に耐えながら間隙を密封して働き続ける必要があるので、耐久性、確実性、信頼性を高めるため、様々の改良、工夫がなされている。

「水によって水を制する」シーリング材と同じ機構の応用例としては、電気ケーブルの浸水防止剤がある。

電力ケーブル、電気信号ケーブル、光ファイバーケーブルなどのケーブル類は、空中に架けられる場合も、地中や海底に敷設される場合も、水の侵入によって、伝送損失や腐食などのトラブルが発生しやすい。そこで、最近架設されるケーブルでは、ケーブルコアと最外層皮膜との間に高吸水性ポリマー層を設けている。

ケーブル損傷部、ケーブル接続部などから水が侵入すると、その部位の高吸水性ポリマーが吸水、膨潤してハイドロゲルとなり、損傷部や接続部のすき間を充填して埋めるかたちになり、侵入した水がケーブル内を長軸方

図11 油選択吸収材料と吸油・保油の仕組み

図12 シリコーンゲルの構成原理

向に伝わっていく、いわゆる“水走り”が防止され、しかも、以後の浸水が防止される仕組みである(図10)。

ゲル強度の高い高吸水性ポリマーをパウダー粒子、ゼリー、シートなど、色々な形態で層状に導入して構成されている。

11. 油選択吸収材料⁸⁾

従来、吸油処理剤としては、クレー、バーライト等の無機系の吸蔵型吸油剤、ピートモス、ポリウレタン発泡体等の有機系の吸蔵型吸油剤や、金属石鹸類等の増粘ゲル化吸油処理剤等があったが、いずれも、油だけを選択的に吸収する材料ではないため、海上への流出油や廃水中の油分の回収には使えない。

最近、高吸水性ポリマーとその応用品の吸水・保水機構の知見をもとに、環境保全などの用途に好適な「油選択吸収材料」が、開発、実用化されている。

吸油性で油性ゲルになりやすいポリマーと、疎水性の多孔質基材とを組み合わせたものであり、図示するように、まず疎水性多孔質基材が吸着した油を、吸油性架橋

ポリマーが吸収して膨潤する仕組みであり、選択吸油性、保油性能に優れている(図11)。

このような機能を発現しやすい構造とするために、溶解度パラメータが小さいモノマー(極性が小さく疎水性のモノマー、ノニルフェニルアクリレート、ドデシルアクリレートなど)を疎水性多孔質基材(ポリプロピレン不織布など)に含浸付着させた後、基材ごと湯水の中に浸漬して加熱重合して、油性ゲルになりやすいポリマーと基材とを一体化している。

12. 油性シリコーンゲル、衝撃吸収材

高吸水性ポリマーのハイドロゲルの他にも、合成ポリマーで柔軟な油性ゲル状態のものが積極的に活用されている。

シリコーンゲルは、分子鎖の主骨格がシロキサン結合($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$)であるシリコーンゴムを主体に、シリコーンオイルを吸収・膨潤させた油性ゲルであり、耐熱性、耐寒性、耐薬品性、耐候性、電気絶縁性、撥水性などに優れているので、電子部品の絶縁・緩衝材など様

図13 スポーツシューズのシリコンゲル衝撃吸収材

々な産業資材として使用されている (図12)。

構成ポリマーの橋架け密度や分子量を変えたり、ポリマーブレンド、フィラーの配合によって、粘弾性特性が様々な調節できること、諸物性の温度依存性が小さく、広い温度範囲で使用できること等から衝撃吸収材としての利用も多い。

図示するのは、ランナー用スポーツシューズに用いられたシリコンゲル衝撃吸収材である (図13)。

シューズをはいたランナーの踵が堅固な路面に衝突した瞬間の激しい物理的衝撃、即ち、速い振動成分を吸収して熱エネルギーなどに変えたとともに、走行に役立つゆるい振動成分は、バネが縮むように弾性エネルギーとして蓄えてランナーに反発エネルギーとしてフィードバックするよう、振動・衝撃の特性や目的に合わせて設計されている。

13. 特許からみた応用研究動向⁹⁾

実用化されているもののごく一部しか紹介できなかったが、最後に、最新の特許からみた応用研究動向を報告しておく。

1980年代半ばには、特許・実用新案合わせて年間約500件出願がある第一次の出願ラッシュがあったが、その後は、現在に至るまで、年間約300件 (特許・実用新案合計) の出願が続いている。最近の特徴的な全体動向を示すと、以下の通りである。

- ① 出願の多い企業としては、コンスタントに全方向的に、材料の改良から新規な応用の提案まで幅広く多数の出願を続ける幾つかの有力な高吸水性ポリマーメーカーの化学会社や、土木・建築や包装・流通資材などの特定応用分野の大手企業などが挙げられる。
- ② 一方で、少数を出願する広範多岐にわたる多数の出願企業 (百社を越える) が存在しており、高吸水性ポリマーのハイドロゲルが、依然として発展段階にあり、多くの研究課題を擁していること、成熟期をむかえていない産業資材であることを伺わせる。

③ 出願の内容を応用分野で見ると、単純な着想レベルのものから、現実の商品として十分なコストパフォーマンスを有する良く練られた機能的設計のものへと着実に進歩しており、高吸水性ポリマーのハイドロゲルの諸特性が広く認識されるとともに、現場レベルでの実験・試行による改良が続けられていることがわかる。

また、より個別的、具体的な応用テーマへと変化している。例えば、「電子部品用吸湿剤」→「樹脂パッケージIC封入型吸湿剤」の如くである。

④ 高吸水性ポリマーハイドロゲルの使用形態・望ましい態様が、応用分野ごとに、あるいは、開発企業ごとに、それぞれ細かく規定されるようになってきた。例えば、土木の土砂圧送方法における減摩材では、止水性などのため、粒状化しない連続的なゲルとなるポリマーが要求される。一方、ボーリング用の掘削流体としては、流動性などの観点から、ゲル状球形粒子が水に分散した状態のものが要求される。

⑤高吸水性ポリマーメーカーも、粉状、粒状、フレーク状、繊維状、シート状、複合繊維布状、積層シート状など様々な形態の高吸水性ポリマー製品を試みており、実際に上市される商品形態もバリエーションが増えてきた。

応用分野での高吸水性ポリマーの使い方が洗練されてくるにつれ、高吸水性ポリマー自体のそれぞれの使用量は減少する傾向にあるので、ポリマーメーカー側は、高付加価値化した誘導品を提供していかなければならない必然性があるとも言えよう。

⑥ 高吸水性ポリマーハイドロゲルの特性がダイナミックに把握され、状況に応じて変化する素材として積極的に利用しようとする試みが増加している。いわゆる人工筋肉、アクチュエータなどの他、例えば、土木の地盤改良方法で地盤の深部に砂と高吸水性ポリマーの混合物を高圧水で噴射し、物質を置換して層を形成してから、ゲル化・膨張させ、次いで、吸水・排水して、その層に海水を誘い込むと、ゲルが海水と反応して収縮して空隙を生じ、水平方向の透水層を形成、地盤改良となる等である。

⑦ 環境問題への配慮や、現実の法規制への対応などのため、高吸水性ポリマーハイドロゲル使用後の始末までを考えた内容の特許出願も見られるようになった。例えば、ゲルの使用で流動化させて排出した掘削残土のゲルを破壊して、一般の建設残土のようにする等である。また、混合液の濃縮化などへの応用で、刺激応答性のポリマーハイドロゲルを繰り返し使用する工夫なども増えてきた。

⑧ 高吸水性ポリマー自体についても、ゲル強度、吸収

速度などの基本性能に関する改良研究が続けられている一方で、粉体工学を応用して製造された高吸水性ポリマー極微細粒子や、油中ハイドロゲル分散型の高吸水性ポリマーエマルジョン、微生物により生産された生分解性ハイドロゲルなど新タイプが出現している。

参考文献

1. 特開昭60-188003, 実開昭60-104446
2. 特開昭60-51684, 特開昭61-207485, 特開昭61-44784
3. 特開平1-282179, 特開平2-254403

4. 特開昭63-58086, 特開昭62-97606
5. 特開昭58-183612, 特開昭58-38206, 特開昭58-4707, 特開昭58-56692
6. 特開昭63-11558, 特開平1-183478
7. 特開昭63-132987, 特開昭59-17508, 特開昭64-608
8. 特開平4-41583, 特開平4-41584
9. 特開平3-25961, 特開平2-52057, 特開平3-127621, 特開平3-132512, 特開平2-153191, 特開平2-296869, 特開平2-291292

(平成5年度1月12日受理)

93/1 高分子可能性講座

主題＝高分子の構造・物性・モルホロジー制御の最前線

主 催：高分子学会 行事委員会

協 賛：繊維学会ほか

日 時：1993年4月20日（火）、21日（水）

会 場：ダイヤモンドホール

（東京都千代田区霞ヶ関1-4-2 ダイアモンド社10階 電話 03-3504-6881）

連絡先：〒104 東京都中央区築地2-4-2

築地第3長岡ビル (社)高分子学会 93/1
高分子可能性講座係 電話 03-3543-7857

新素材・新材料セミナー

「最新の機能膜・超微粒子技術」

主 催：日本化学会近畿支部

共 催：繊維学会関西支部ほか

日 時：平成5年5月21日（金） 9:40～17:00

会 場：大阪科学技術センター 8階小ホール（〒550 大阪市西区靱本町1-8-4、地下鉄四つ橋線“本町”下車、北へ約5分、うつば公園東北角）

申込先：〒550 大阪市西区靱本町1-8-4（大阪科学技術センター6階）日本化学会近畿支部
（電話 06-441-5531, FAX 06-443-6685）

第2回複合材料界面シンポジウム

主 催：関西複合材料研究会

共 催：繊維学会ほか

日 時：1993年5月13日（木）～15日（土）

9:15～17:30（15日（土）は13:00まで）

会 場：大阪市立工業研究所 3階大講堂

（〒536 大阪市城東区森之宮1-6-50

電話 06-969-1031）

JR環状線、地下鉄中央線森之宮駅下車、徒歩10分

問合せ：〒606 京都市左京区松ヶ崎御所海道町 京都工

申込先：芸繊維大学 繊維学部高分子学科 材料力学研究室内 関西複合材料研究会事務局
（担当：米田節子）

電話 075-724-7844, 7845 FAX 075-724-7710

第3回 SAMPE 先端材料技術国際会議 (シンポジウム・展示会)

主 催：先端材料技術協会（SAMPE Japan）日刊工業新聞社

協 賛：繊維学会ほか

日 時：1993年12月7日（火）～10日（金）・4日間

会 場：日本コンベンションセンター（幕張メッセ）

問合せ：先端材料技術協会（SAMPE Japan）

申込先：（〒141 東京都品川区上大崎3-1-5 目黒駅東口ビル 電話 03-3449-0091）

日刊工業新聞社

（〒102 東京都千代田区九段北1-8-10

電話 03-3222-7162）