

최근의 주목받는 기술들

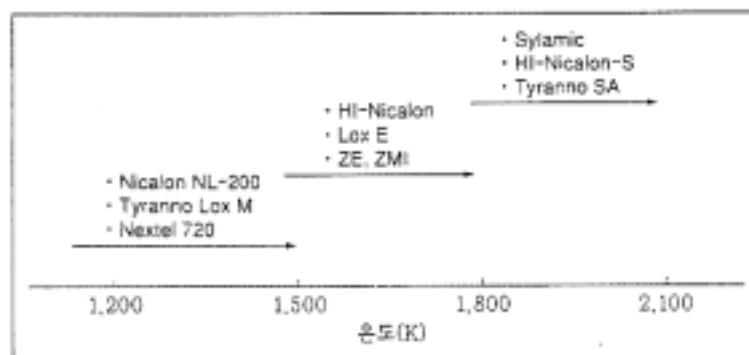
<최종회>

1. 최근의 주목받는 기술

이전의 시리즈에서 최근에 주목받고 있는 기술 14가지를 소개한 바 있고, 또한, 본 시리즈 1편부터 9편까지 종종 최근에 주목받고 있는 기술에 대하여 언급하였다. 이번 호에서는 지금까지 다루지 않았던 산업용 기능성 섬유 기술 중에서 주목하고 있는 8가지의 기술을 선정하여 소개하기로 한다.

1.1 Basalt 섬유

암석 섬유로서 최근 현무암계의 Basalt 섬유가 주목을 받고 있다. 이 섬유는 러시아의 Sudoglass Fiber Technology 등에서 제조 판매하고 있다. 이 섬유는 산지에 따라 다소 변동이 있으나, 그 성분은 <표 1>에 나타난 바와 같이 유리 섬유에 비하여 Fe_2O_3 와 Na_2O 가 많다는 특징이 있다. 또한, <표 2>에 나타난 것처럼 내알칼리성과 사용 가능 온도가 높아서 E-유리 섬유와 비교하여 역학적인 물성도 우수하다. 이러한 특징을 활용하여 시멘트 보강재, 자동차 머플러 등으로의 개발이 진행되고 있다.



<그림 1> 세라믹 섬유의 내열성 분류

<표 1> Basalt 섬유의 성분(유리 섬유와의 비교)

성분명	Basalt 섬유	E-유리 섬유	S-유리 섬유	R-유리 섬유(참고)
SiO ₂	58.7	54.0	65.0	60.0
Al ₂ O ₃	17.2	14.0	25.0	25.0
CaO	8.04	17.5	-	8.0
MgO	3.62	4.5	10.0	5.5
Fe ₂ O ₃	9.72	0.2	0.2	0.5
Na ₂ O	2.60	0.6	-	-
K ₂ O	0.82	-	-	-
TiO ₂	1.16	-	0.1	1.0
B ₂ O	-	8.0		

<표 2> Basalt 섬유의 성능(유리 섬유와의 비교)

특 성 (단위)	Basalt 섬유	E-유리 섬유	S2-유리 섬유
밀 도 (g/cm ³)	2.80	2.57	2.48
선 팽창률 (ppm/C)	8.00	5.40	2.90
인장 강도 (MPa)	4,840	3,450	4,710
인장 탄성률 (GPa)	89.0	77.0	89.0
파단 신도 (%)	3.15	4.70	5.60
내알칼리성	O	X	X
굴절률	1.62	1.549	1.523
용융 온도 (℃)	1,371	1,150	1,493
사용가능 온도 (℃)	1,011	649	760
Moh 경도	6.4	6.5	6.5

1.2 초내열성 섬유

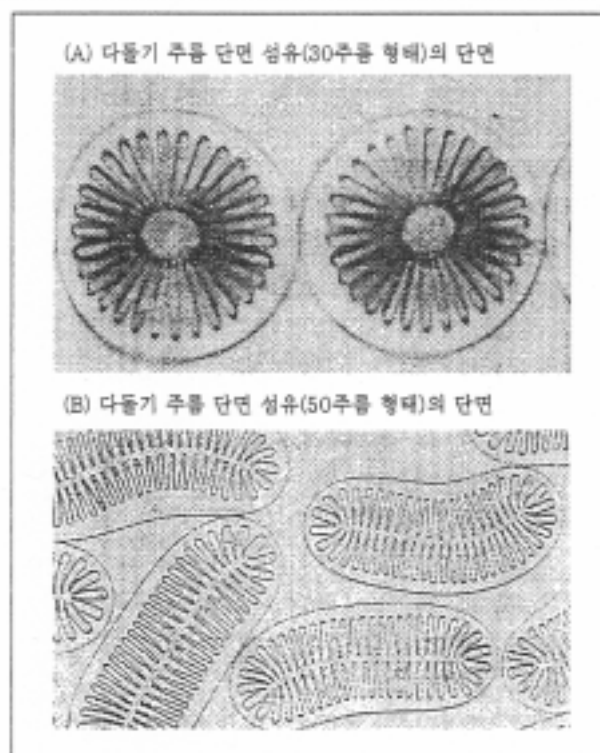
1970년대에 폴리카보실란 섬유의 소성(燒成)에 의한 Si-C계 섬유 ‘니카론’이 일본카본사에서 공업화되었다. 이어서, 宇部興産에서 폴리티타노 카보실란으로부터 Si-Ti-C-O계 섬유 ‘티란’이 개발되었다. 이들 섬유는 내열 온도가 1,200℃이었다.

이것에 대하여 폴리카보실란 섬유를 전자선 조사 후에 수소 환경 속에서 소성시킴으로써 내열 온도 2,000℃에서 인장 탄성률 420GPa의 섬유 ‘하이니

카론' 타입 S가 생산되고 있다. 또한, 폴리머를 개질한 불용화 폴리머의 섬유를 소성하여 비결정성 Si-C계 섬유를 얻고, 이것을 1,500°C 이상에서 고온 열처리함으로써 같은 형태의 내열성을 가진 섬유 '티라노' 타입 SA가 제조되고 있다. <그림 1>은 주로 세라믹 섬유의 내열성에 의한 분류이다.

이러한 내열성 섬유의 주요 용도는 초고온 세라믹 복합 재료나 대용량의 송전선으로 용도가 전개되고 있다.

1.3 다돌기 주름 단면 섬유



<그림 2>

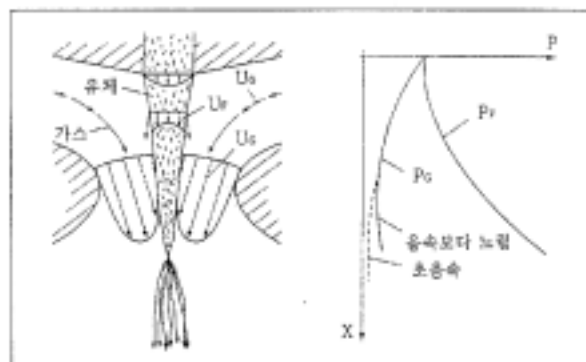
이 섬유는 <그림 2>의 (A) 및 (B)와 같은 단면을 가진 섬유로서, 중심 부분이 PET, 주변부가 에발(Eval)로 된 복합 섬유이다. 구라레가 '블랙 소피스

타'로서 청량감을 부여한 고발색성을 가진 의류용 섬유로 개발하고 있다. 이러한 다돌기 주름에 의해 고정 효과가 생겨 상호 비상용성인 에발과 PET 간의 박리가 방지된다. 또한, 이러한 깊은 홈과 같은 효과에 의해서 PET로부터의 표면 반사가 억제되어 고발색성을 가지게 된다. <그림 1>의 (B)와 같은 섬유인 경우, 주름 선단 부분에서는 50~160nm의 일정 간격이 되도록 제어되고 있다.

이 섬유에 적용된 고도의 단면 형상 구성 기술은 산업용 기능성 섬유용에도 유용한 전개가 기대되고 있기 때문에 특별히 여기에서 다루고 있는 것이다. 예를 들어, 주변 부분을 용출시키면 매크로한 표면적이 지금까지와는 달리 큰 섬유가 실현될 수 있기 때문에 매체와의 접촉 효율이 높은 기능성 섬유를 얻을 수 있을 것으로 생각되어진다.

1.4 Nanoval 기술

섬도가 작은 섬유를 직접 제포법으로 만드는 전형적인 방법으로는 멜트 블로우법과 프레스법이 있다. 그렇지만, 전자는 에너지 소비량이 크고, 얻어지는 부직포의 강도가 낮다고 하는 난점이 있다. 또한 후자는 특정 고분자 (PE나 PP)에만 적용 가능한 특수한 제조법이다.



<그림 3> Nanoval 기술의 방사 과정과 원리

<표 3> Nanoval법과 멜트 블로우법의 방사 사양의 비교

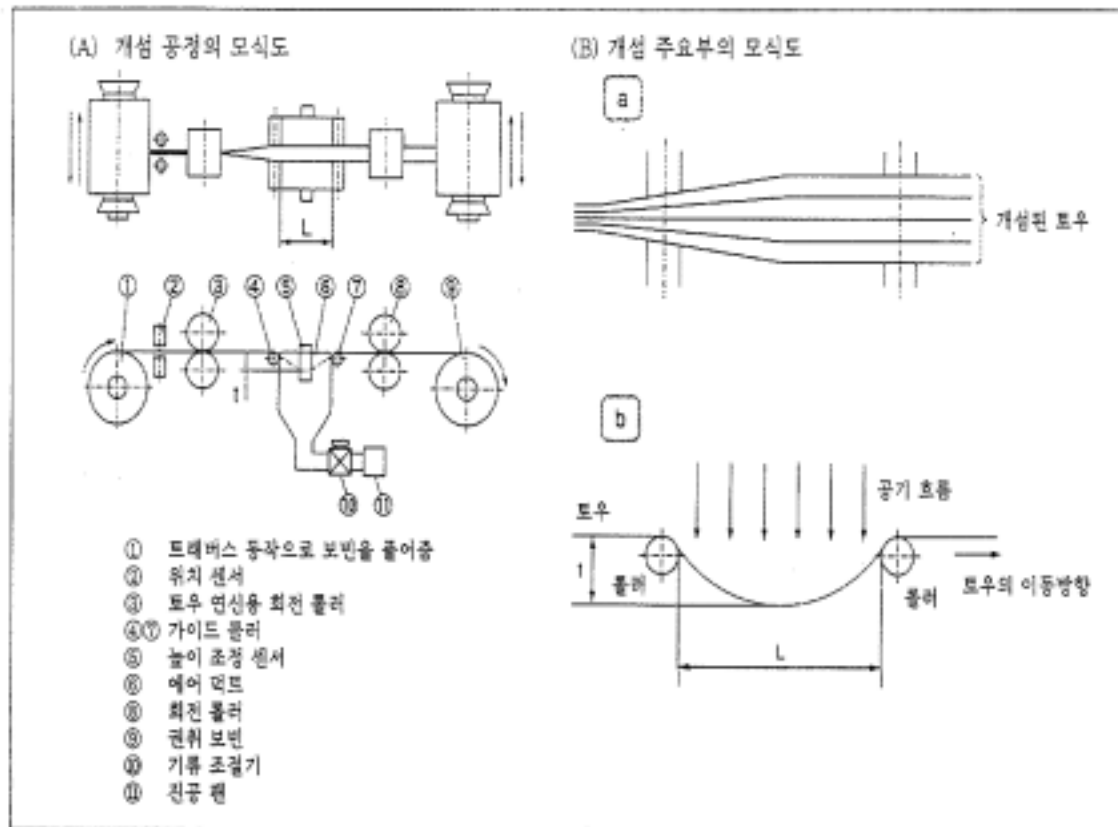
	멜트 블로우법	Nanoval법
방사구 직경 (mm)	0.2~0.4	0.5~1.0
에어 슬릿 폭 (mm)	0.2~0.5	3~6
홀당 폴리머의 통과도 (g/min)	0.3~0.5	3~10
방사구폭 m당의 폴리머 통과도 (kg/hm)	40~60	70~140
폴리머의 가열과 연신에 소비되는 에너지량 (kWh/kg)	2.5~6	0.8~1.2
중간 직경 d50 (μm)	2~8	2~8
가장 가는 직경 범위 (μm)	1~5	0.7~4
섬유장 (mm)	2~80	∞

최근 Nanoval법이라고 하는 섬도가 작은 직접 제포법이 개발되고 있다. <그림 3>에 그 제조 방법의 원리가 모식적으로 나타나 있다. 그리고, 방사사의 사양을 멜트 블로우법과 비교한 것을 <표 3>에 나타내었다.

Nanoval법에서는 방사 과정에서 액상의 단사가 연신되면서 파열되고 개섬하여, 평균 직경이 2~10μm인 분자 배향된 연속 필라멘트의 부직포가 얻어진다. 방사 중인 액상 폴리머의 내압 P_F 에 비하여, 고속 공기류에 의한 주변의 압력 P_G 를 작게 함으로써 파열 개섬이 생긴다. 이 방법은 특정 고분자에 한정하지 않고 적용이 가능하며, 에너지 소비량도 멜트 블로우법의 수분의 일로 감소되기 때문에 작은 섬도의 섬유로 만드는 부직포 제조법으로는 획기적인 것이라고 생각된다. 또한 실로 권취하는 것도 가능하다.

1.5 개섬 기술

이 기술은 탄소 섬유나 유리 섬유 같은 연속 섬유 토우의 폭을 예를 들어 4배 정도까지 확폭시키는 기술로서, 일본 후쿠이현의 공업기술센터에서 개발하였다. <그림 4>의 (A)에 모식적으로 나타낸 장치에서 ⑥의 에어 덕트에 토우를 수직으로 걸어서 통과시키고, <그림 4>의 (B)에 모식적으로 나타낸 바와 같이 ‘베르누이의 원리’에 따라서 해먹 형태로 개섬이 진행된다.



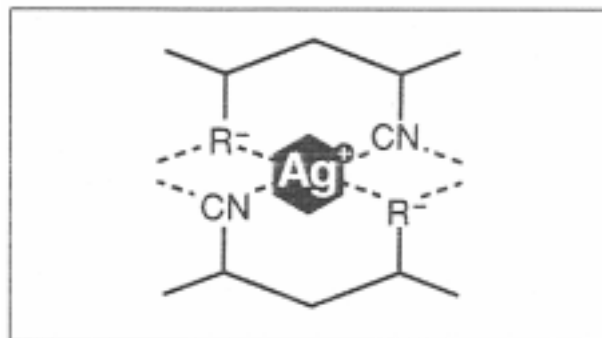
<그림 4>

원료인 토우의 꼬임을 없애려면 필요에 따라서 적당한 예비 처리로 가호 제에 의한 집속을 풀고 그 후에 본 공정을 통과시킴으로써 개서할 수 있다. 또한, 이 공정은 섬유에 과도한 힘이 가해져서 섬유에 손상이 생길 우려가 없고, 부드러운 유체 역학적인 압력차로 자연스럽게 개서이 진행되는 특징이 있다.

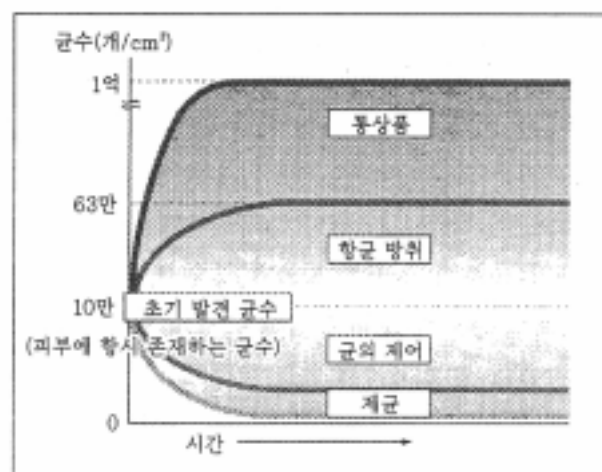
이렇게 개서된 섬유를 복합 재료로 사용하면 점도가 높은 매트릭스라 하여도 용이하게 섬유 사이로의 함침(含浸)이 진행된다고 하는 커다란 이점이 있다. 그리고 직물로서는 실의 구불거림이 적고, 응력 집중이 쉽게 생기지 않는다는 장점도 있다. 현재 개발 단계에 있으나 금후에 커다란 발전이 기대 된다.

1.6 광촉매 아크릴 섬유

아크릴 섬유의 니트릴기 가운데 일부를 술포기로 치환하여 <그림 5>에 나타난 바와 같이 은(銀) 이온을 킬레이트 시켜 제균 효과를 가진 ‘銀世界’라는 상품명으로 광촉매 섬유로서 일본엑스란공업에서 제조하고 있다<그림 6>.



<그림 5> 광촉매 아크릴 섬유의 은 이온 결합 모델



<그림 6> 제균 효과 수준의 개념도

은 이온의 용출량은 극히 적으나, 균에 대하여 직접적으로 미생물의 생명을 유지시켜 주는 효소의 움직임을 정지시켜 생육을 억제하고 내성균이 생

기기 어렵게 한다. 또한, 실내 형광등에서도 친수계(親水系)의 세균에 대하여 광촉매 작용(히드록시 래디컬)으로 강력한 살균 작용을 가지고 있다.

<표 4> 광촉매 아크릴 섬유에서 제균 가능한 균의 종류

그림 양성균	그림 음성균	진균
황색 포도상 구균	대장균	백선균
고초균	살모넬라균	
세레우스균	프로테우스균	
MRSA	네지오넬라균	
	페렴간균	
	녹농균	

<표 4>에 나타난 바와 같이 세포막이 두꺼운 백선균을 포함한 여러 가지 균에 대하여 제균 능력이 확인되고 있다<그림 6>. 또한, <표 5>와 같이 여러 가지 시험에서 안전성이 확인되고 있다.

<표 5> 광촉매 아크릴 섬유의 안전성 시험 항목

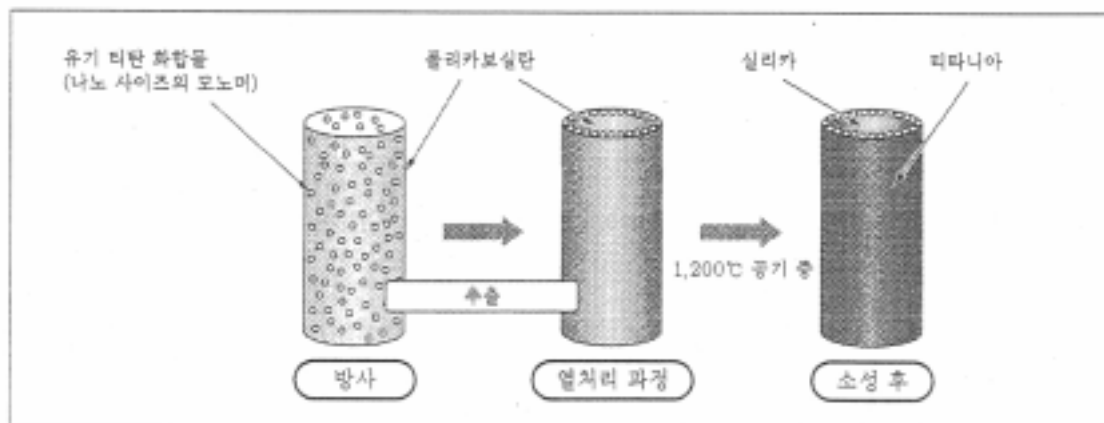
시험항목	시험기관
급성 경구독성 시험	일본식품분석센터
노동성 변이원성 시험	일본식품분석센터
피부 자극성 시험	일본식품분석센터
피부 감작성 시험	일본식품분석센터
세포 독성 시험	일본식품분석센터
피부 점포 시험	일본산업피부위생협회

이 섬유는 10% 정도 혼방하여 사용하여도 실용적으로 충분한 수준의 효과가 나타나고 있고, 그 용도로는 양말, 목욕 매트, 슬리퍼, 타올, 내의, 마스크

크, 공기 청정용 필터 등으로 전개되고 있다.

1.7 광촉매 섬유의 정수 시스템

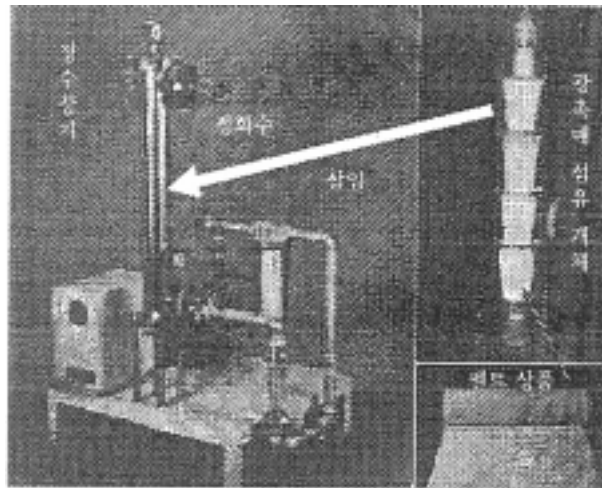
宇部興産은 경사 구조(傾斜 構造)를 가진 탁월한 광촉매 섬유를 만들어 이것을 응용한 고성능의 물 정화 시스템을 개발하는 데 성공하였다. 유기 티탄 화합물 모노머에 적당량의 폴리카보실란을 혼합하여 이것을 용융 방사한 후에 열 처리하여 티탄 화합물을 추출하여 섬유 단면에 이동·석출시킨다. 이 전구체 섬유를 공기 중에서 1,200℃로 소성하면 직경 5~7 μ m에서 표층 약 100nm가 아나타제 결정의 티타니아로 되고, 그 내층이 실리카로 구성된 경사 구조의 섬유를 얻고 있다. <그림 7>은 이 섬유의 제조 과정에 대한 구조적 모식도이다.



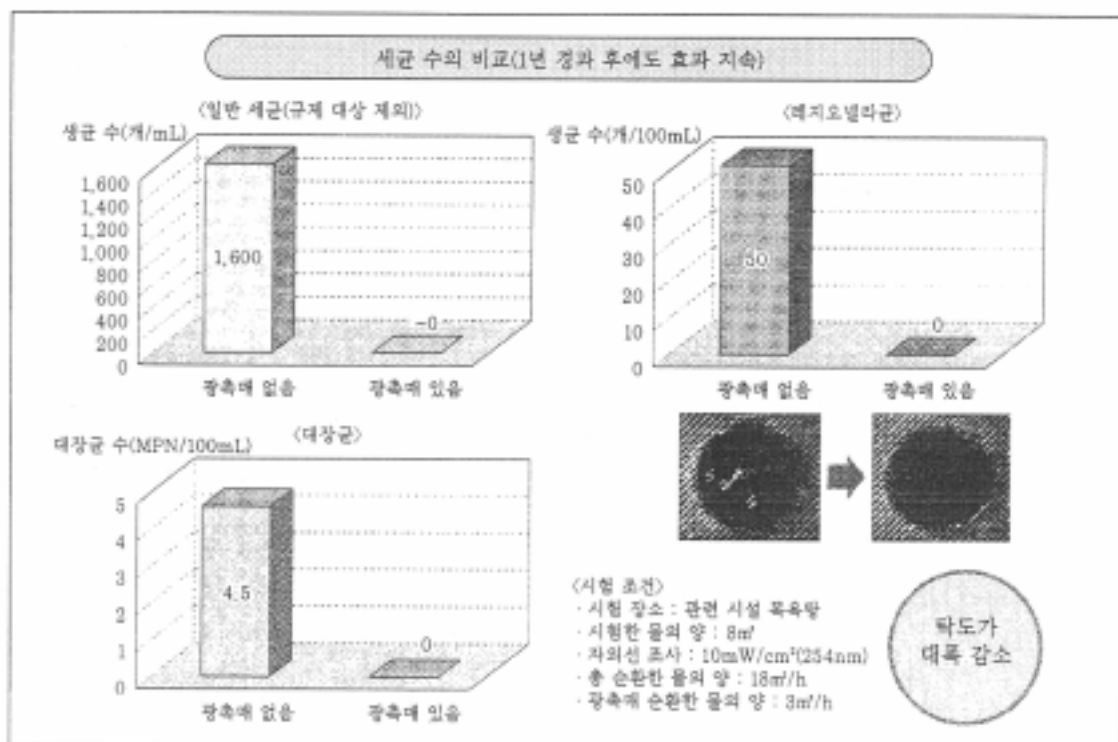
<그림 7> 고강도 광촉매 섬유의 구조 형성 과정

이 섬유는 400nm 이하의 파장을 갖는 UV에 의해서 우수한 광촉매 활성을 나타낸다. 또한, 2.5GPa이라고 하는 상당히 높은 강도를 가지며, 표층과 내층은 경사 구조에 의해서 일체화되어 있다.

이 섬유는 펄트 블로우법을 이용하여 펄트 형태로 만들어진다. 이것을 <그림 8>과 같이 컵 모양으로 성형한 개체를 만들고 다시 이것을 다단으로 조합하여 물 정화 장치로 판매하고 있다.



<그림 8> 고강도 광촉매 섬유를 이용한 정수 장치

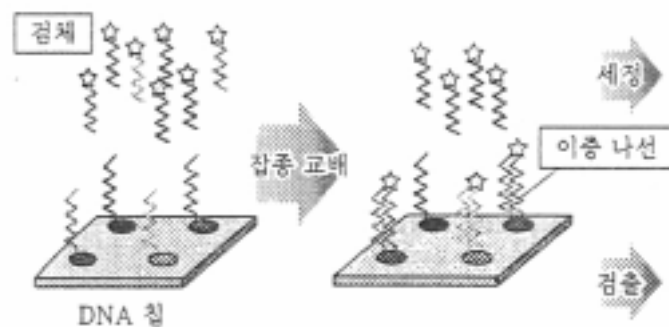


<그림 9> 24시간 목욕 수조의 정화 실험 결과

이 시스템은 순환형 목욕물의 정화용으로 전개되고 있고, <그림 9>는 정화 실험 결과의 예이다. 이 외에 다이옥신 함유 배수의 처리, 청태(靑苔)나 물풀의 발생 방지, 혼합 유기 배수 처리, 수영장의 옻막 방지, PCB의 분해, 분뇨수의 처리에도 적용 가능하다고 한다.

1.8 중공 섬유 DNA 칩(chip)

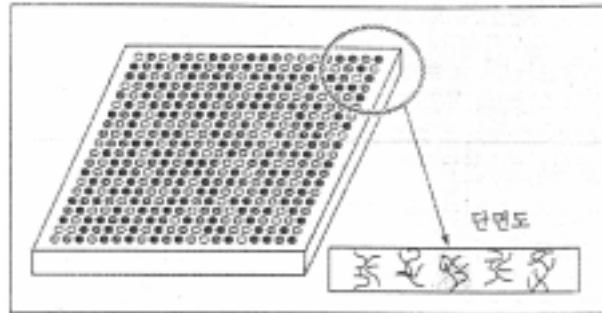
DNA 칩은 DNA의 잘라진 조각에 어떤 캡처 DNA를 고밀도로 정렬 고정화한 마이크로칩이다. <그림 10>은 DNA 칩에 의해서 검체 DNA를 검정하는 원리를 나타낸 것이다. 검체의 핵산 시료는 형광 물질 등을 이용하여 표시하고 상호 보완 관계에 있는 칩에 캡처 DNA에 잡종 교배(hybridization)의 원리로 결합한다. 결합한 부위의 표시 신호를 검출기로 읽고 컴퓨터에서 데이터를 해석한다. 이 방법을 이용하면 검체 사용량을 적게 하면서 짧은 시간 내에 많은 종류의 유전자를 한 번에 해석하는 일이 가능하게 된다.



<그림 10> DNA 칩에 의한 검출 원리의 모식도

미쓰비시레이온은 중공 섬유 배열체의 각 섬유 중공부에 각각 다른 종류의 DNA 캡처를 수용액 고분자 매체를 매개로 하여 충전시켜 <그림 11>과 같이 한 섬유 배열체를 슬라이스 하여 섬유형 DNA 칩을 얻고 있다. 이 칩의

제조 방법은 간단하며, 성능이 안정된 칩을 대량으로 공급할 수 있다.



<그림 11> 중공 섬유 DNA 칩의 구조 모식도

이 DNA 칩의 연구용 칩은 처음부터 검사·진단 용도로 만들어진 유전자 지표를 대량으로 사용하는 용도에 특히 적합하다. 농산물이나 식품의 계통 검사나 바이러스의 감염 조사, 개인의 체질에 맞는 의약품의 투여를 위한 체질 진단 등의 용도로 사용이 기대되고 있다.