

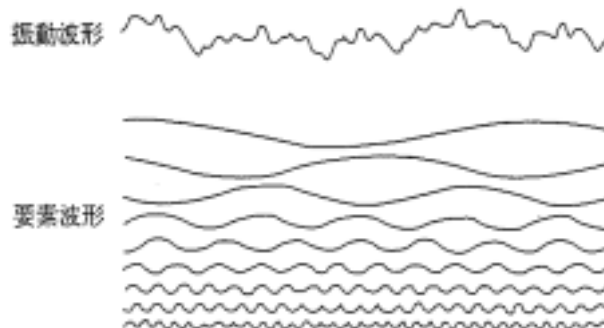
1/f 진동과 응용제품에 대하여

1. 1/f 진동은 자연의 리듬

“1/f 진동”이라고 하는 말이 꽤 사용되고 있다. 뭔가 어렵다고 생각되지만 사실은 매우 가까운 말이다. 1/f진동은 자연계에 폭 넓게 존재하는 현상으로 “자연의 리듬”이라고도 할 수 있는 일정한 리듬을 갖는 동시에 사람에게 편안감을 주는 불규칙성의 것이다.

자연계에 존재하는 물체나 현상은 적어도 사람의 눈으로 볼 수 있는 범위에서는 모두가 불규칙한 존재이다. 그리고 불규칙성은 인간에게 상쾌함을 주는 것도 있으나 그렇지 않은 것도 있다. 그 모양을 그래프로 나타내면 아래와 같이 복잡하고 법칙성이 없는 진동파형이 된다.

그런데 이 파형을 분석해 보면 실은 <그림 1>에 나타낸 모양처럼 크기와 진동수가 다른 몇 개의 단순한 파를 합쳐 놓은 것임을 알 수 있다. 이런 식으로 자연계의 불규칙성을 분석한 결과 여러가지 현상중에 1/f진동을 갖는 것이 넓게 존재하고 있음을 알게 되었다. 게다가 1/f진동을 갖는 현상의 대부분은 사람에게 편안함을 주는 아름다움을 갖고 있다.



<그림 1>

2. 1/f 진동과 쾌적성

그러면 어떠한 자연현상 중에 1/f진동이 존재하고 있을까에 대한 지금까지 알려진 몇 가지를 열거해 보면 다음과 같다.

진공관을 흐르는 전류, 水晶시계의 진동수, 지구의 자전속도, 은하계의 磁場, 바람소리, 개울소리, 밀려오는 파도소리, 새소리, 나무결, 심장의 고동, 손박자, 안정시의 뇌파, 아름다운 음악 등이다.

이러한 것들을 살펴보면 규모가 큰 것부터 작은 것까지 여러가지 현상중에 1/f진동이 있다는 것은 오래전에 발견되었는데(1925년). 이것은 전자의 흐름이라고 하는 아주 미세한 현상인 것이다. 또한 지구 자전의 속도변화라고 하면, 이것은 아주 거대한 물체의 움직임이고, 은하계의 磁場이라고 하면 더욱 큰 규모의 것이 된다.

또한 아주 가까이 있으면 전형적인 1/f진동을 나타내는 나무결도 그 발생원인을 생각하면, 이것은 매년 기후변화를 의미하는 스케일이 큰 이야기가 된다. 바람소리는 공기의 흐름, 개울소리는 물의 흐름, 파도소리는 물론 바닷물의 움직임, 별의 깜박임은 지구를 둘러싼 공기의 상태와 관계하는 것이 된다.

그러면 심장박동, 손박자, 뇌파의 진동은 무엇과 관계하는 것일까? 이것은 아마 신경에 전해지는 전기신호에 원인이 되는 것 같다. 따라서 우주의 기상이라고 하는 큰 것에서부터 아주 미세한 현상의 것으로 됨과 동시에 돌연 인간의 생리현상과 관계하는 身邊의 것으로 된다.

게다가 아름다운 음악이 실은 1/f진동의 주파수변동을 나타낸다는 것을 알게 되면서 1/f진동이 단순히 보편적인 현상일 뿐만 아니라 쾌적성이나 美意識과 밀접하게 관계하는 것이라고 생각하게 되었다.

결국 자연계의 많은 현상에 존재하는 자연의 리듬이 인간의 신체내에도

있어, 그 리듬에 共鳴하므로써 인간이 친근감을 느끼게 된다는 것이다. 그 때문에 바람소리, 개울의 흐름소리, 파도소리, 별의 반짝임 등에 접하면 인간은 마음이 편해진다는 것이다.



<사진 1> 1/f진동을 갖는 대표적인 예 나무결

이와 같이 우리들에게 편안함을 주는 다양한 자연현상 중에 1/f진동이 있다는 것은 10여년 전에 처음으로 분명하게 밝혀졌고, 이것을 처음 발견한 것은 동경대학의 武者교수이다. 그는 1/f진동을 설명하기 위해 1977년에 제 1회

“1/f진동 국제심포지움”을 동경에서 개최하였고, 이후 이 심포지움은 세계 각지에서 2년마다 계속적으로 개최되고 있다.

또 그는 “非線型 상호작용을 하는 多 自由度の 물리계에 있어서 각 自由度에로의 에너지 배분은 일반적으로 1/f진동을 한다”는 것이 아닐까 추정하고 있다. 그리고 1/f진동이 있으면 생체내의 정보전달이 원활해지기 때문에 생체는 기본적으로 1/f진동을 받아들이는 것이며, 따라서 자연계의 1/f진동현상에 대해 생체인 우리들이 친근감을 갖게 되는 것이 아닐까 추정하고 있다.

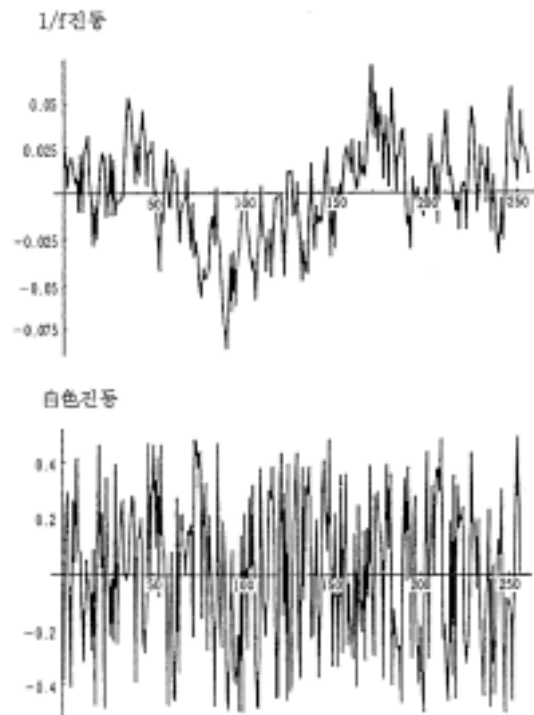
그렇다 하더라도 서로간의 거의 관계가 없는 듯이 보이는 자연현상 속에 공통원칙이 있다는 것은 참으로 신비적인 일이라 하겠다.

3. 왜 1/f진동이라 부를까?

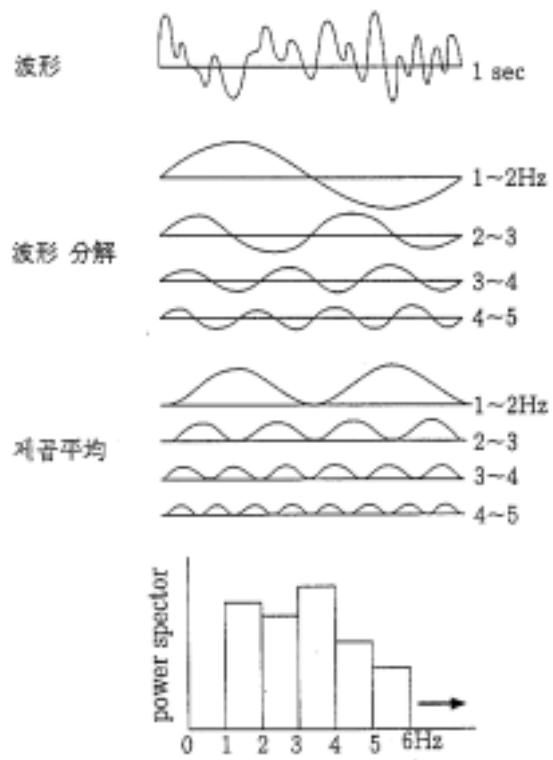
1/f진동에서 f 는 진동수(frequency)의 f 이다. 이것이 1/f이라는 것은 파의 크기와 진동수는 역비례한다. 즉 진동수가 클수록 진동폭이 작다는 것을 나타낸다. 이것은 바꿔말하면 작은 진동은 빈번하게 나타나지만, 큰 진동은 드물게 나타난다는 의미가 된다.

1/f진동이 전형적인 파형을 <그림 2>에 나타냈다. 이것을 마찬가지로 <그림 2>의 자색 진동, 즉 완전히 무작위의 진동과 비교하면 그 차이는 명확해진다. 그러면 이 파형을 왜 1/f진동이라 부를까에 대해 설명한다.

<그림 3>이 최상단에 하나의 파형을 나타냈으나 이 파형은 수학적으로 해석하면 그 아래에 나타낸 몇 개의 파형을 겹친 것임을 알 수 있다. 그리고 각각의 주파수의 파의 크기를 그 아래에 나타낸 제곱평균으로 구하고 이것을 圖示하면 최하단과 같은 power spector가 된다. 그리고 이 진동수(f)와 파의 크기 (p)를 對數로 표시하면 1/f진동파형의 경우는 정확히 45° 우측으로 내려가는 직선이 된다.

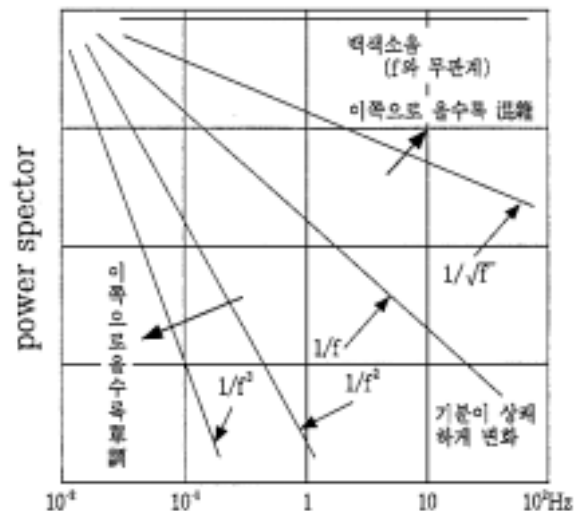


<그림 2> 1/f진동과 백색진동의 파형



<그림 3> 파형 분석

이것은 수학적으로 “ $\log p = \log f + \text{정수}$ ”의 관계이지만, 이것을 바꿔쓰면 “ $p = 1/f \times \text{정수}$ ”가 된다. 그래서 이 파형의 진동을 1/f진동이라고 부르게 된 것이다. 1/f진동과 그 밖의 진동을 圖示한 것이 <그림 4>이다.



<그림 4> 각종 진동

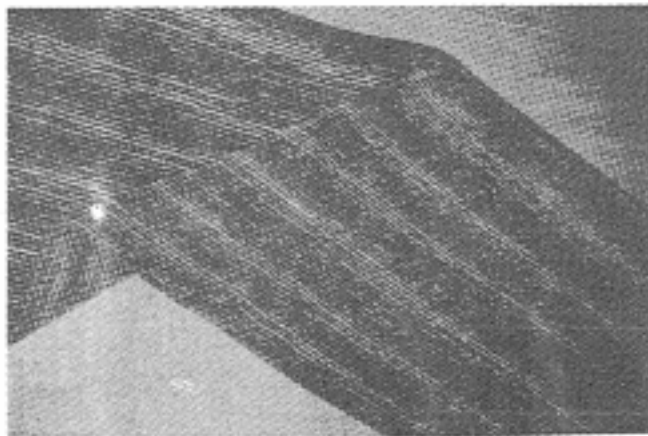
4. 1/f 진동 응용제품에 대하여

자연계 폭넓게 존재하는 1/f진동을 각종 공업제품에 응용하여 자연감을 실현하려는 시도는 점점 증가하고 있다. 최초로 발표된 것은 1/f진동 선풍기였고 이어서 난로, 거품목용장치, 에어컨 등이 나왔고, 온수샤워에 대한 연구도 진행중이다. 이와 같은 기기류 이외에 섬유제품에는 프린트직물에 1/f진동을 응용하여 기하학적으로 같은 간격의 반복모양이 아닌 불규칙성을 갖도록 배치한 자연감의 무늬가 실용화 되어 블라우스, 커튼, 넥타이등에 이용, 발매되었고, 도자기의 그림무늬에도 이용되고 있다.

한편 1/f진동은 의학적으로도 응용되고 있다. 이것은 1/f진동 전기자극에 의한 요통이나 어깨통증을 없애는 치료방법으로, 전에도 전기자극을 통한 치

료법은 있었으나 자극을 부여하는 방법에 $1/f$ 진동을 추가하면 진통효과가 크게 향상된다는 주목할 만한 사실이 알려졌다.

다음으로 방적, 연사, 空氣交絡, 직·편물의 분야에서의 $1/f$ 진동을 응용한 $1/f$ 진동 방적사, $1/f$ 진동공기교락사, $1/f$ 진동공우직물에 대해 설명하고자 한다. 방적에서 얼룩사 제조에는 보통 에이프런의 압력을 약하게 함으로써 생기는 드래프트얼룩이나, 프런트 롤러의 간헐운전에 의한 드래프트얼룩 등의 수법이 사용되나, 이 경우에는 얼룩이 무작위로 발생하던가 또는 규칙성을 갖게 되어 $1/f$ 진동의 제어는 불가능하다. 따라서 드래프트 롤러의 회전을 자유롭게 제어할 수 있는 특수 방적기를 이용하여 $1/f$ 진동 얼룩사를 만들 수 있었다. 이 실은 굵은 부분과 가는 부분의 출현이 $1/f$ 진동으로 되도록 조절하기 때문에, 이것으로 만든 제품은 편안한 감을 느낄 수 있다. <사진 2>는 이 기법을 이용해 만든 타월의 한 예로 白絲에 진동사를 사용했기 때문에 멋진 모양이 되고 타월마다 전부 다른 모양을 얻을 수 있다.



<사진 2> $1/f$ 진동사로 만든 타월

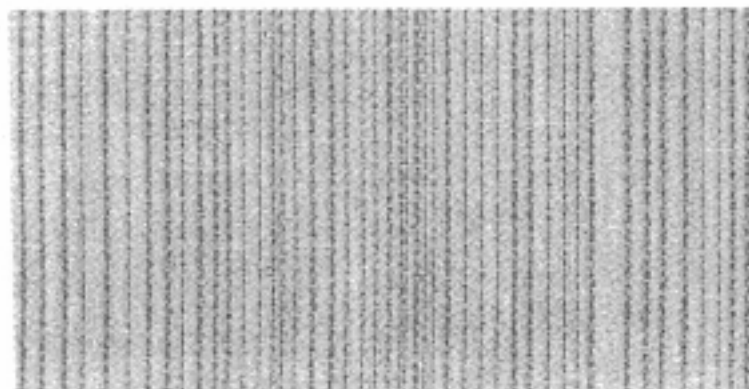
또 <사진 3>은 세번수의 진동사로 만든 손수건으로 시원한 감이 있다.

더 나아가 방적공정에 공기를 붙어 넣음으로써 2올이 실을 부분적으로 개
섬하고 얹히게 하는 소위 공기교락이라고 하는 공정에 1/f진동을 응용함으로
써 1/f진동 공기교락사를 만들었다. 이 경우 2올의 실에 서로 다른 색상을 사
용하여 색상변화를 1/f진동으로 하는 것도 가능하다.



<사진 3> 1/f진동사로 만든 손수건

또 직기바디의 간격을 1/f진동으로 바꾸어 <사진 4>와 같은 1/f진동 空羽織
物を 만들었으며, 이 직물은 블라우스 원단으로 이미 상품화 되어 있다.



<사진 4> 1/f진동 간격의 바다를 이용한 직물

5. 1/f진동과 공업적 수제품의 세계

공업제품의 제조는 지금까지 오랜 기간 균일하고 얼룩이 없는 제품을 대량으로 생산하는 것을 거의 자명한 목표로 하여 왔다. 이에 대해 처음부터 자연의 진동제품을 생산코자한 생각은 대단히 새로운 발상이며, 이 발상전환의 의미는 과히 공업혁명이라 하겠다.

그러나 단지 1/f진동에 의해 무언가 지금까지 없었던 완전히 새로운 제품이 나오느냐 하면 반드시 그렇지만은 않다. 1/f진동을 응용해 만든 제품은 말하자면 손으로 만든 것 같은 맛이 있는 제품이다.

결국 장인이 정성을 다하여 만든 제품에는, 기계로 균일하게 만든 제품에서 볼 수 없는 참맛이 있다. 그 맛은 만든 사람의 개성이라고 할 수 있는 특유의 불균일성에 있다고 생각된다. 예를 들어 수제품의 섬세한 잔무늬의 경우, 이것을 컴퓨터로 완전히 균일하게 만든다면 마음에 들지 않는 무늬가 되어버린다.

또 사람이 줄지어 가는 모양의 기와지붕의 진미라던지, 난을 이용한 다다미 결의 아름다움 등도 수제품의 진동, 즉 1/f진동이 관계한다고 생각된다.

이 모든 현상에 대해 분석을 다한 것은 아니지만, 심장의 진동, 손박자의 진동 등의 예를 생각해도 인간의 수작업에는 1/f진동이 필연적으로 들어 있다고 생각된다. 그리고 이와 같은 1/f진동을 기계의 움직임에 적용하면 마치 숙련공이 만든 것과 같은 맛이 나는 제품을 만들 수 있다는 것이다.

더구나 기계로 만들기 때문에 진동상태의 조절도 자유롭게 할 수 있고 대량으로 만들 수도 있는 것이다. 또 어느 경우에는 수작업으로 매우 어려운 큰 진동이나 아주 작은 진동도 쉽게 가능하게 된다. 따라서 이 경우에는 지금까지 없었던 새로운 제품의 탄생도 생각할 수 있다.

아무튼 1/f진동 응용제품은 편안한 감을 자유롭게 연출하는 공업적 수제품

의 세계라고 할 수 있다. 덧붙여 말하면 “수제품의 맛”이라 해도 그것은 “명
인작품의 맛”이어야 한다. 묘하게 진동이 지나치면 “아마추어작품”이 되어버
리기 때문이다.