

시간의 의미를 찾아서 II - 시계(1) 표준시 이야기

달 력에는 나와 있지 않지만 오늘날 지구상의 거의 모든 사람들의 생활을 지배하고 있는 또 하나의 시간개념이 바로 '표준시'이다. 통일된 시간대(표준시)가 없이 국제화된 시대 속에서 과연 정상적인 생활을 영위할 수 있을까? 이런 질문을 하다 보면 '시간'이라는 개념이 정말로 우리 생활에 얼마나 중요하며, 또한 우리가 이에 얼마나 깊이 매달려 있는지를 깨닫게 된다.

덤으로 받는 1초, 절대로 짧지 않다.

2008년 한국표준과학연구원은 국제지구자전국(IERS)의 통보에 따라 한국표준시 2009년 1월 1일 오전 9시(그리니치 표준시로 1월 1일 오전 0시)를 기해 1초 더하기(윤초)를 실시한다고 밝혔다. 그리니치 시간으로 '2008년 마지막 날 23시 59분 59초'와 '2009년 1월 1일 0시 0분 0초' 사이에 '23시 59분 60초'를 삽입하는 것이다. 즉, 2008년 12월 31일 밤 12시 59분 전

세계의 모든 사람은 1초의 시간을 덤으로 된 것이다. 이로써 새해가 왔음을 알리는 보신각 종도 평소보다 1초 뒤에 타종을 시작해야 하고, 올드 랭 사인을 부르며 저문 해를 보내는 사람들도 평소보다 1초를 더 기다려 노래를 시작해야 한다. 그런데 눈 깜짝할 사이밖에 되지 않는 이 짧은 1초를 가지고 왜 전 세계 사람들이 이런 이상한 일을 해야 하는 것일까?

보통사람들에게 1초란 그리 중요하게 느껴지지 않을지도 모른다. 그러나 지금까지 이해된 우주의 모습을 보면 우리 우주는 태초의 어느 순간 하나의 점과 같은 상태에서 대폭발이 일어나면서 시작되었다. 이 빅뱅 후 1초가 되면서 이미 급팽창을 거친 우주는 오늘날 우주 크기의 100억분의 1 정도에 100억 도의 온도에 이르게 된다. 이미 이때 오늘날 우리 우주를 이루는 모체가 되는 중성자와 양성자가 다 만들어지며 그 후 137억 년 동안 진화해 온 우리 우주의 운명을 결정한 것이다!

실제 오늘날 우리 생활 속에서도 1초가 엄청나게 중요한 시대가 되었다. 통신, 항해, 항공 관제 등에서의 1초의 오차는 실로 치명적이다. 공해상에서 운전대 작동이 1초만 늦어지면 배의 방향이 400m나 틀어진다. 육상경기나 스피드스케이팅에선 몇 백 분의 1초에 승부가 갈린다. 축구선수가 센터링해 준 볼을 머리나 발에 맞히려면 0.01초 사이에 온 몸을 던져야 한다. 전 세계가 1초의 약속을 하는 충분한 이유가 있어 보인다.

영국의 해군력이 만든 본초자오선

오늘날 이렇게 지구상의 시간을 하나로 통일시켜주는 국제 표준시가 태어난 것은 그리 오랜 일이 아니다. 19세기 후반까지도 대부분의 사람들에게 정확한 시간이라는 것은 대개 그 지방의 '남중시'를 기준으로 하는 태양시로 충분하였다. 그러나 산업혁명과 함께 증기기



글 **김경협** 서울대학교 지구환경과학부 교수
krkim@snu.ac.kr
서울대학교 화학과 졸업 후 동대학원에서 석사학위를 받았으며, 미국 캘리포니아대학 샌디에이고 캠퍼스에서 해양학으로 박사학위를 받았다. 현재 지구환경과학부 학부장 겸 BK21사업단장으로 있으며, 해양연구소장을 겸임하고 있다.



▶ 1, 2 영국 그리니치 천문대를 지나는 본초자오선과 기준 본초자오선을 보여주는 불빛 3 표준시간대 설정의 필요성을 처음으로 제시해준 대륙간 횡단 철도열차

관이 발명되고 짧은 시간에 먼 거리를 주파할 수 있는 능력이 생기면서, 지역별로 일관성 있는 시간체계를 마련하는 것이 중요한 문제로 등장하였다.

1860년대 동서 횡단 철도를 만들기 시작하였던 미국과 캐나다의 철도 회사들은 마침내 1883년 북아메리카를 다섯 개의 시간대로 구분하자는데 합의를 하였다. 이어 1884년 미국 의회는 세계 여러 나라의 대표들을 워싱턴에 초청하여 국제적인 시간 기준의 혼란을 해결하기 위한 논의를 개최하였다.

당시 영국은 강력한 해군력을 보유하고 있었을 뿐만 아니라, 많은 선박들이 영국의 천문대에서 얻은 관측결과들을 항해에 활용하고 있었다. 이 때문에 프랑스에는 매우 애석한 일이었지만 회의 참석자들은 영국 그리니치 천문대를 통과하는 남북선(경도선)을 본초자오선으로하기로 합의하였다. 그리고 여기에서 동쪽으로 15도 이동할 때마다 그리니치 표준시간에 1시간을 더하고 반대로 서쪽으로 이동할 때마다 표준시간에서 1시간씩을 빼기로 하였다. 또한 이렇게 동서 양쪽으로 뻗어나간 12개씩의 시간대가 만나는 태평양 한가운데에 '날짜 변경선'이라는 제2의 경계선을 설정하였다. 이로써 날짜 변경선을 넘어 동쪽으로 이동하는 사람은 하루를 더 얻게 되고, 반대로 서쪽으로 이동하는 사람은 하루를 잃게 되는 것이다.

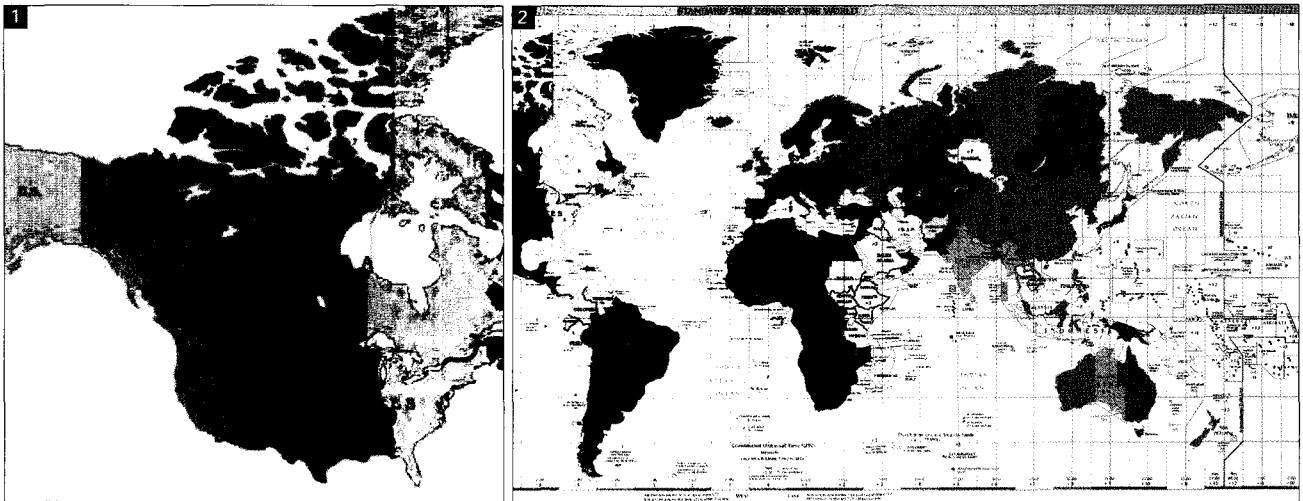
태양년의 길이를 찾아서

해가 떴다 지고, 달이 졌다 기울며 계절이 바뀌면서 자연이 자연스럽게 제공하는 '자연의 주기', 즉 지구가 달, 그리

고 태양과 함께 어울리면서 만들어내는 주기 속에서 우리들은 시간의 흐름을 느끼고 있다. 오늘날 전 지구인들이 함께 사용하고 있는 시간, 즉 '세계협정시(UTC)'는 바로 이런 자연의 주기, 즉 '천문시'에 기초해서 시작된 것은 말할 것도 없다. 이런 자연의 시간자들을 다시 한 번 정리해보자.

태양과 하늘의 신들이 지배를 하는 종교적 배경과 함께 매년 반복되는 나일강의 범람에 문명의 기초를 두었던 고대 이집트인들은 매우 뛰어난 천문학자들이었다. 이들은 태양의 반복되는 운동과 이들이 지구에 미치는 영향을 조심스럽게 살피면서, 해마다 나일강의 범람이 시작하는 날을 계산하는 중에 365일마다 반복되는 1년의 주기를 발견하였다. 이 값은 후에 시리우스별의 관측을 하면서 더욱 정밀해지게 된다. 이집트인들은 매년 어느 한 날이면 시리우스가 태양과 일직선을 이루며 떠오르는 것을 알게 되었다. 그리고 이 날을 특별히 살피는 가운데 시리우스가 떠오르는 시간이 매년 그 전 해에 비해서 약 6시간씩 늦어지는 것을 발견한 것이다. 이로부터 이집트인들은 1년이 365.25일이라는 것을 알게 되었다.

이 값은 지금부터 약 2천200년 전 뛰어난 그리스 천문학자 히파르쿠스에 의해서 더욱 정밀한 값으로 수정이 된다. 히파르쿠스는 지구공전궤도에서 겨울에서 봄, 그리고 여름에서 가을로 바뀌는 춘분, 추분점의 위치를 관측하면서, 이 두 점이 작은 값이지만 150년에 2도 정도로 서쪽으로 점점 이동하는 것을 알아내었다. 육안의 관측만으로 알아낸 놀라운 결과를 통하여 그는 지구의 공전 주기 1년의 길이가 당시 알려져 있던 365.25일보다 약간 짧다는 것을 깨



▶▶ 1 지역에 따른 표준시 개념이 처음으로 도입되었던 미국과 캐나다의 표준시간대 지도로 전역이 5개의 시간대로 구분되고 있다. 2 영국 그리니치 천문대를 통과하는 남북경도선을 본초자오선으로 하여 동쪽으로 이동할 때마다 그리니치 표준시간에 1시간을 더하며 서쪽으로 이동할 때는 15도마다 표준시간에서 1시간씩을 빼기로 한 세계 표준시간대. 이렇게 동서 방향의 양쪽으로 뻗어나간 12개씩의 시간대가 만나는 태평양 한가운데에는 '날짜 변경선'이라는 제2의 경계선을 두어 이를 넘어 동쪽으로 이동하는 사람은 하루를 더 얻으며 서쪽으로 이동하는 사람은 하루를 잃는다.

달았다. 그의 추정치 365,242일은 오늘날 받아들이고 있는 365,242199일에 놀랍게 일치하는 값이다.

달, 두 번째 시간자

그러나 이후 1천600여 년 동안 대표적으로 통용된 율리우스력은 히파르쿠스의 놀라운 발견을 무시하였으며, 매우 작은 오차였지만 오랜 동안 이를 무시한 것이 누적되어 16세기경에 이르러서는 당시 사용되는 달력과 계절의 변화를 통해 실제로 피부로 느끼는 자연의 주기 사이에 10일 정도 차이가 나고야 만 것이다. 결국 1582년 교황 그레고리 13세는 극단의 조치를 포함하는 달력 개혁으로 해결방안을 찾게 되는데, 이에 대해서는 앞에서 자세히 살펴보았다.

생활 속에서 사람들이 자연스럽게 느낄 수 있었던 두 번째의 시간자는 약 30일을 주기로 해서 끝없는 반복을 하면서 차고 기우는 달의 모습에서 찾을 수 있었다. 이런 달이 제공하는 시간자를 정확히 계산한 사람 역시 히파르쿠스였다. 그는 달의 공전주기(달이 상변화 주기를 완전히 마치는데 걸리는 시간)가 29.53058일임을 밝혔는데, 이는 오늘날의 계산값 29.53059일과 매우 근사하다. 그러나 달이 지구를 공전하면서 만들어내는 시간자가 태양일의 정수배로 정확히 떨어지지 않는다는 사실 때문에, 후일 달의 운동에 기초한 달력(태음력)을 만드는 사람들이 얼마나 힘들게 고생

을 하였는지는 앞에서 이미 살펴보았다.

태양일, 자연의 기본 시간자

'하루'라는 시간 단위는 해가 지고 뜨는 모습을 매일 보면서 사람들이 가장 확실하게 느낄 수 있었던 지구의 '시간자'였다. 시간의 기본 단위가 바로 이 '태양일'로부터 시작된 것은 어쩌면 당연한 일일지도 모른다.

여기서 자연스럽게 제기된 질문은 바로 '왜 이런 시간자가 만들어지는 것일까'하는 것이었다. 물론 옛 그리스시대에도 태양일이 만들어지는 원인을 지구의 자전으로 설명하는 시도가 있었다. 그러나 그 이후 종교계의 절대적인 지지를 받으며 오랫동안 받아들여 온 정설은 프톨레마이오스의 천동설에서 태양일의 원인을 찾는 것이었다. 코페르니쿠스가 지구의 자전으로 태양일을 설명하는 지동설을 그의 죽음의 마지막에 이른 1543년 하나의 가설로 발표할 수밖에 없었던 것에서, 우리는 이 문제에 대해서 생각을 넘을 수 없었다.

그런데 자연이 제공하는 주기를 시간자로 이용하기 위해서는 이들 주기가 변하지 않는 '일정한 값'임을 전제로 한다. 그러나 태양의 움직임을 조심스레 관측하던 천문학자들은 예로부터 태양의 운동에 이상한 점이 있음을 감지하였으며, 실제 2세기 프톨레미가 작성한 태양일의 표에도



이미 이런 변화가 기록돼 있다. 17세기 중엽 호이겐스가 발명한 진자시계로 시간을 꽤 정확히 잴 수 있게 되면서 그 전모가 밝혀지는데, 1년 중 4일을 제외한 모든 날 태양이 시계에 비하여 심하게는 약 15분 정도까지 빠르거나 느리게 움직이는 것이었다.

이 현상을 이해하는 실마리도 17세기에 이르러 찾아지기 시작하는데, 1609년 독일의 천문학자 케플러는 ‘어떤 태양의 힘’에 의해서 행성의 궤도가 태양에 접근하였을 때에는 행성들의 속도가 빨라지며, 이로 인해 태양일이 짧아진다는 이론을 제안하였다. 당시로는 아직 이름이 붙어있지 않았던 ‘어떤 태양의 힘’에 ‘중력’이라는 이름을 붙인 것은 물론 만유인력의 법칙을 발견한 뉴턴이다.

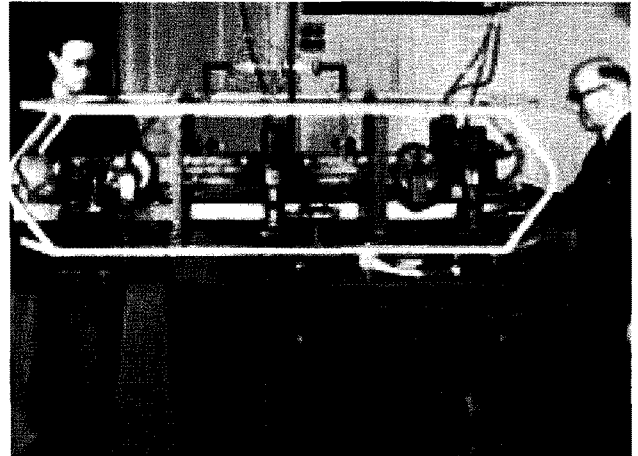
원자시의 탄생

이로써 지구가 자연스럽게 제공하는 시간자 ‘태양일’을 가지고 우리가 할 수 있는 최선의 방법은 결국 ‘평균’ 태양일을 이용하는 수밖에 없음을 이해하게 된 것이다. 이런 과정 속에서 천문학자들은 태양의 운동을 관측하여 최선의 ‘평균 태양일’을 계산하였다. 그리고 1875년 무게와 길이를 담당하는 사무국은 평균태양일의 1/86,400(24×60×60)인 평균태양초를 시간의 단위로 결정하였다. 그러다가 태양일이 일정하지 않다는 문제 때문에 1956년 새로이 1초를 태양년의 1/31556925.9747로 정의하게 된다. 1900년을 기준으로 한 값이다.

이런 과정 속에서 국제지구자전국은 1967년 13차 총회에서 지구의 운동이 아니라 세슘(Cs)원자의 운동에 기초한 ‘원자시(TAI)’를 새롭게 탄생시켰다. 이로써 ‘1년은 더 이상 365.242199일이 아니라 세슘시계가 290,091,200억 +/- 1번 진동하는 길이’가 된 것이다. 그리고 마침내 1972년 1월 1일 0시를 기점으로 하여 태양의 운동에 기초한 천문시인 평균태양일 시간단위를 포기하고, 천체의 운동과는 전혀 무관한 시간자인 원자시를 새로운 ‘세계협정시(UTC)’의 기준으로 채택하였다.

윤초로 세계협정시와 세계시 차이 조절

국제지구자전국은 각국 천문대의 관측 자료를 종합 분석하여 지구의 자전주기를 계산하고 이에 기초한 ‘세계시’를



▶▶ 1955년 영국 국립물리실험실의 예센(우)이 처음으로 제작한 Cs-133 원자시계

결정하는 임무를 맡고 있는 국제지구이며, 이때를 기해 원자시인 세계협정시와 천문시인 세계시 사이의 차이를 0.9초 이내로 유지시키기 위한 임무를 아울러 수행하고 있다. 국제지구자전국이 당면하고 있는 문제는 바람, 해류, 조류 등의 영향으로 지구의 자전 속도가 점점 느려지며, 이에 따라 시간이 경과하면서 세계협정시와 세계시 사이의 차이가 커지는데 있다. 따라서 이 두 시간 사이의 차이가 0.9초 이상이 되면 세계협정시에 물리적으로 1초를 더해주어서 이를 다시 세계시와 0.9초 이내로 맞추어 주는 작업을 하게 되는 것이다. 이렇게 해서 1972년 윤초제도가 만들어진 후 이번 2009년 1월 1일의 윤초는 24번째이고 2006년 1월 1일 이후 3년 만의 일이다.

시간은 기본적으로 지구, 태양, 달, 별과 같은 천체 또는 물질의 물리적 성질 등 자연이 제공하는 다양한 주기를 시간자로 이용하여 발전해 왔다. 어떤 주기를 시간 기준으로 사용하는가는 물론 시대에 따라 변하고 발전하여 왔으며, 시간에 대한 개념 역시 오랜 시간에 걸친 많은 역사를 거치면서 우리들에게까지 내려온 것이었다. 그런데 마침내 이 시간의 기준이 천문시에서 원자시로 바뀌면서 시간은 지구가 주는 시간자로부터의 결별을 선언한 것이다. 물론 이런 변화는 기본적으로 시간을 측정할 수 있는 기술, 즉 시계의 발전과 밀접한 관련을 지으면서 형성되어 온 것이며, 다음 글에서는 이런 시계의 발전 과정을 살피면서 어떻게 시간의 개념이 우리생활 속에 파고 들어왔는지를 더 살펴보자. ㉔