



# “호킹의 ‘블랙홀 이론’은 패러독스”

글\_윤종혁 건국대 물리학과 교수 yoonjh@konkuk.ac.kr

로즈 부등식이 제시되는데, 이 부등식은 독일에 있는 상대성 이론 연구소인 '알베르트 아인슈타인 연구소'의 후이스켄과 일람넨이란 두 명의 수학자에 의해 불과 2년 전에 증명되었다. 이 부등식을 증명하는 과정에서 시카고 대학 출신의 재미 한국인 물리학자 장봉수 박사가 매우 중요한 공헌을 했고, 아직도 장 박사의 논문은 이 분야에서 최다 인용 논문으로 꼽힌다. 후이스켄과 일람넨의 증명은 장 박사의 증명에서 약간의 수학적 허점이 있는 것을 보완한 정도라 볼 수 있다.

## 지난 40년 동안 블랙홀 이론은 독보적 존재

1970년대 중반에 호킹은 블랙홀은 온도를 가지고 있고, 또 온도가 높을수록 블랙홀은 빨리 증발하여 없어진다는 소위 호킹 복사 이론을 제창하여 또 한번 전세계의 물리학자들을 바쁘게 만들었다. 다음과 같은 가상적인 실험을 생각해보자. 즉 일정한 정보가 담겨 있는 전화번호부같은 것을 중력이 강한 좁은 지역에 집중적으로 던져 넣으면 호킹-펜로즈의 이론에 의하여 블랙홀이 형성된다. 이것은 수학적으로 증명된 것으로서 예외가 없다.

그런데 블랙홀이 증발하고 나면 남는 것은 아무 것도 없으므로, 처음에 있었던 전화번호부의 정보는 결국 없어진 것이 아닌가, 즉 블랙홀이 증발할 때 정보유실이 생긴다는 것으로서 이는 매우 그럴 듯한 주장이다. 그러나 또 한편으로는 정보유실이 일어나면 물리학의 구조상 매우 곤란한 일들이 많이 생기게 되어 있다. 즉 슈뢰딩거 방정식을 풀어 봐도 시간이 지나면서 정보가 유실되기 때문에 결국 별 쓸모가 없고, '신의 손'이 개입하게 되어 물리학은 예측불허의 학문이 되어버리는 것이다.

대부분의 소립자 물리학자들은 이는 마땅치 않은 일로 정보유실이 궁극적으로는 일어나지 않을 것이라고 믿고 있다. 그들은 다음과 같은 예를 든다. 즉, 블랙홀 없이 그냥 전화번호부를 태워 버리면 재가 남고 복사열 형태로 에너지가 방출되는데 이 때도 정보손실이 일어났다고 보아야 하는가 반문한다. 즉 피상적으로는 정보유실이 일어난 것처럼 보이지만, 이 과정이 궁극적으로는

연할모도

스티븐 호킹은 케임브리지 대학 출신의 이론 물리학자로 매스컴의 집중 조명을 받는 세계적으로 몇 안되는 물리학자 중 한 사람이다. 호킹의 주요 업적은 약 30년 전, 즉 30대 초반 이전에 대부분 이루어졌는데 이를 대략 짚어보면 1960년 무렵 일반 상대성 이론에서 중요한 문제 중의 하나였던 '과연 우주가 빅뱅과 같은 대폭발을 통해서 탄생했는가' 하는 물음이었다.

호킹은 펜로즈와 더불어 초기 우주는 반드시 대폭발이란 과정을 통해서 생겨났다는 것을 그 당시로는 획기적인 수학적 방법을 이용하여 증명했다. 이 업적이 호킹을 일약 세계적인 스타로 만든 계기가 되었고, 나머지 이론 물리학자들은 호킹-펜로즈의 수학적 방법을 학습하는데 많은 시간을 소모하였다. 몇 년 후 호킹과 펜로즈는 이와 거의 동일한 수학적 방법을 이용하여 그 당시에는 존재가 불확실했던 블랙홀의 존재를 일반적으로 증명하였는데, 약 40년이 지난 지금도 그들의 논문은 대학원생이나 다른 연구자들이 반드시 읽어야 할 만큼 블랙홀 이론에서는 독보적이다.

또한 호킹은 두 개의 블랙홀이 충돌하여 하나의 더 큰 블랙홀이 만들어지는 과정에서 방출되는 에너지에 상한치가 있다는 이론적인 발견을 했다. 이것이 발전되어 몇 년 후 펜로즈에 의해 펜

슈뢰딩거 방정식을 따르기 때문에 정보는 보존된다고 믿으며, 블랙홀이 있는 경우도 이와 마찬가지로 것이라고 주장한다.

한편 펜로즈를 비롯한 대다수의 상대성 이론가들은 블랙홀이 개입하면 정보유실은 반드시 일어난다고 생각한다. 펜로즈의 분류에 따르면 이론 물리학에는 패선과 믿음, 그리고 환상이 있다는 것이다. 이 블랙홀의 문제는 믿음에 속하는 문제이므로 일반 사회에서처럼 물리학계에서도 '믿음의 문제'는 서로 건드리지 않는 것이 상례다.

환상이란 실제와 너무 동떨어진 검증 불가능한 이론을 일컫는데, 이런 유형의 물리학은 대체로 소립자 이론 물리학자들이 주도하는 끈이론과 관계되어 있다. 반면에 상대론 물리학자들은 실험적으로 이미 매우 정확하게 검증되었고, 따라서 실재성이 충분히 확보된 일반 상대성 이론을 연구하고 있다.

### 블랙홀 증발 때 '정보유실'은 '믿음의 문제'

지난 7월 더블린에서 열린 'GR17(17th International Conference on General Relativity and Gravitation)'에서 호킹은 자신의 종래의 입장을 뒤집고 블랙홀이 증발할 경우에도 정보는 보존된다고 발표했다. 이 학회는 3년에 한 번씩 대륙을 바꾸어가면서 개최하는 학회로 일반 상대성 이론과 중력이론에서 가장 권위 있으며, 따라서 지난 몇 년간 중요한 연구 성과가 있었다고 생각되며 이 학회에 참가하여 발표하는 것이 자기 논문을 물리학계에 알리는데 가장 효과적이다. 필자도 대학원 유학시절부터 이 학회에 꾸준히 참석하였으나, 시카고 대학에서 연구년을 마친 후 가족과 동반 귀국하는 일 때문에 이번에는 참석하지 못하였다.

그러나 대체적인 분위기를 전하자면 호킹의 발표가 너무 짧았고 구체적이지 않아서 미심쩍다는 지적이 많다. 발표장에는 호킹과 호킹의 공동연구자인 대학원생 한 명이 연단에 섰는데, 호킹은 기자들의 질문에 답하고 물리학자들의 질문은 대학원생이 답하였으나, 공동연구자의 답도 대체로 시원치 않았다는 것이다.

호킹의 전성기인 1960년 이후에서 1970년대 중반 이전에 이루어진 업적은 단순히 호킹이 한 일이기 때문에 인정을 받은 것이 아니고, 호킹의 논문 발표 이후 많은 물리학자들이 자기 방식으로 호킹의 계산을 확인하고 난 후에 비로소 인정받은 것이다. 호킹의 구두 발표 이후로 약 한 달이 지났으나 논문 자체가 아직 출판되지 않았으므로 좀 더 두고 볼 필요가 있다.

그러나 이 문제는 수학적으로 아직 해결되지 않은 거리함수의 '측정 이론'을 깔고 있기 때문에 호킹의 주장이 맞다 하더라도 근본적인 답이 아니고 단지 근사적인 것이라고 보는 견해가 다수다. 이 문제를 해결하기 위해서는 완전한 양자 중력 이론이 필요한데, 양자 중력 이론은 바로 현재 이론 물리학의 최대 난제다.

### '양자중력이론' 완성은 21세기 물리학의 숙제

이 문제가 과연 21세기에 풀릴 것인가. 아니면 뉴턴 이래 300년이 지나서야 비로소 양자역학이 등장한 것처럼 아인슈타인의 일반 상대성 이론 이후 수백 년이 지난 후에도 완전한 양자 중력 이론이 나타날 것인가. 답이 없는 문제에 견해차가 없을 수 없다.

블랙홀의 정보유실의 문제는 이렇다 치자. 호킹은 주지하는 대로 회귀한 질병을 앓고 있다. 아무리 정신이 맑아도 육체적으로 비정상이면 어려운 물리학 연구를 제대로 수행할 수 없는데, 호킹은 어떻게 이처럼 계속 연구하고 논문을 발표하는가 하는 의문이 들 수 있다. 이것이 바로 선택과 집중의 문제인데, 호킹은 자신의 천부적인 수학적 능력을 살려서 어려운 물리학 대신 쉬운 수학적 방법으로 승부수를 띄우고 있는 것이다. 누구에게나 약점은 있다. 약점을 덮고 강점을 최대한 살리는 것, 즉 공격이 최상의 방어라는 것을 호킹은 실천하고 있는 것이다. **ST**



글쓴이는 서울대 물리학과 졸업 후, 미 메릴랜드대에서 박사학위를 받았고, 시카고대 교환교수를 지냈다.