

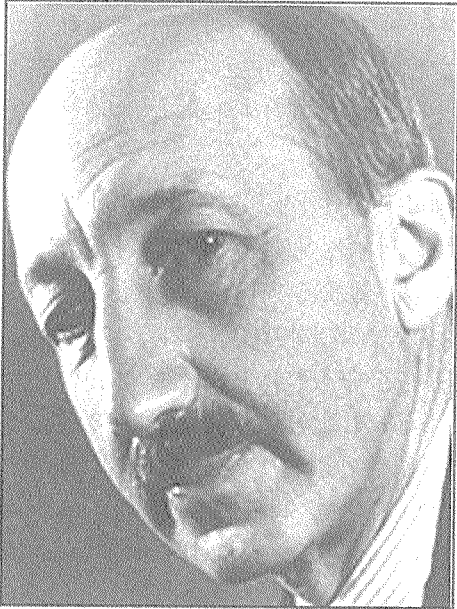


동위원소 추적자 기술을 개발함으로써 생명작용의 화학적 특성에 대한 이해를 높인 공로로 1943년 노벨 화학상을 수상한 헤베시는 헝가리에서 태어났다. 원래 물리화학 영역을 배웠으나, 그의 관심사는 매우 다양했으며 끊임없는 노력은 과학의 수많은 영역을 관통하였다. 특히 핵의학 영역에서의 중요한 것은 추적자 방법의 분석과 그것을 생물 의학에서 처음으로 활용한 점이였다.

1923년 헤베시는 처음으로 자연에 존재하는 방사성동위원소인 Pb-212를 이용해 잠두콩에 희석액을 주어 그 뿌리, 줄기, 잎 그리고 열매에서 표지된 납이온의 섭취에 관한 연구하였다. 그는 검전기를 이용해 잠두콩 각 부분을 태운 재에서 상대적 방사능을 측정하였다. 물리적 방사성분석법의 민감도가 매우 높아 그는 납의 독성을 피할 수 있는 매우 적은 농도를 이용하여 이러한 실험들을 시행하였다. 또한 식물에 의해 흡수된 납은 이온화된 형태로 존재함을 증명하였다.

그 다음 해, 헤베시는 크리스천과 롬홀트와 함께 방사화학 방법으로 동물에서 시행한 첫 실험 결과를 발표하였다. 그들은 Bi-210을 표지하는데 사용하였고, 비스무트(Bismuth)가 포함된 항매독약을 토끼 근육 내 주사하여 토끼 몸 속에 비스무트가 순환토록 하였다. 그들은 이와 유사하게 방사성 추적자로 Pb-212을 이용하여, 올리브유와 표지된 납 수산화물을 혼합하여 주사한 후 납의 배설과 여러 장기에서 분포를 연구하였다. 이곳은 헤베시가 많은 연구를 했던 코펜하겐 대학의 이론물리학 연구소(현재 보어 연구소)에서 각 실험 결과를 측정하였다.

12년 전 헤베시가 영국 맨체스터대학교에 있을 때 어니스트 러더퍼드 교수는 헤베시에게 “너가 유능하다면, 그 납에서 라듐D를 분리할 수 있어”라고



## “핵의학의 할아버지” 조르주 드 헤베시

George Charles de Hevesy:1885~1966, 헝가리)

하면서 그 실험실에서 젊은 화학도에게 많은 양의 비방사능 납이 있는 혼합물에서 방사능 Pb-210을 분리하도록 끈질기게 괴롭혔다. 2년 동안 헤베시는 화학적인 방법으로 분리하려고 했지만 헛수고만 했다. 이 방법이 실패한 후 그는 방사능을 측정하는 민감성 높은 물리적인 방법으로 극미량의 Pb-210이 우수한 방사성 추적자이며, 이것이 정량적 및 정성적인 과정에서 비방사능 납 원자임을 결론했다. 이처럼, 헤베시의 끊임없는 창조력은 역경을 유리하게 하여 방사성추적자 개념을 탄생시켰다. 그의 실패로부터의 좌절이 그에게는 뜻하지 않게 성공과 가장 민감성이 높은 방법을 발견하게 했다.

1913년 초 헤베시는 비엔나 라듐연구소를 방문하였을 때, 파네스 박사가 자신이 겪은 같은 문제를 독자적으로 연구하고 있었고 자신과 같이 뚜렷한 결과를 얻지 못하였다는 것을 알았다. 이 두 젊은 화학자들은 비방사능 납에서 Pb-210을 화학적으로 분리할 수 없다는 결과를 함께 발표하기로 결정했다. 그들은 또한 납 황화물과 납 크롬산염의 약간의 수용성을 정량적으로 분석하는데 방사성 추적자로 Pb-210을 사용할 수 있음을 함께 발표하였다. 이 논문에서 그들은 "추적자로서 방사성원소"로 방법과 기술적인 용어를 소개하였다. 1913년 이 두 논문에서 방사성 추적자가 화학적 분석에서 독특한 위치에 있음을 처음으로 설정하였다.

1911년 맨체스터에서 러더퍼드와 함께 있을 때, 헤베시는 하숙집 주인이 음식물을 다시 사용하는 것을 밝히기 위해 상상력이 풍부하면서 실질적인 실험을 하였다. 그녀는 오직 일요일에만 신선한 고기를 준비하고 그 주 나머지 날은 남은 고기로 다진 다음 다른 형태로 요리한 것 같았다. 헤베시가 일주일에 한번 이상 신선한 고기로 요리하는 것이 좋지 않겠느냐고 조심스레 말하자 그녀는 분개하며 날

마다 신선한 고기로 요리한다고 반박했다. 헤베시는 소식이었고, 하루는 그녀의 주장이 사실이 아니라는 것을 증명하기 위해 접시 위에 남겨진 고기 조각에 그는 소량의 방사성 물질을 섞었다. 며칠 후 그는 검전기를 가져와 그 날 요리된 다진고기에 방사능이 있다는 것을 그녀에게 보여주었다. 그러자 "마법 같아요"라고 그녀는 외쳤다. 물론 불행히도 공식적으로 발표되지 않지만 그런 상황 하에서 음식에 표지한 것은 생명 과학에서의 첫 표지실험이었을 것이다.

1913년에서 1923년까지 10년 동안 헤베시는 여러가지 방사화학 측정에서 방사성 추적자 방법을 이용했으며 많은 발표는 파네스와 같이 집필했다. 논문 중의 일부는 교질화학이나 전기화학이 포함되었고 일부는 금속에서의 자가확산을 다루었다. 또한 브뢴스테드와 함께 수온과 염소의 동위원소를 일부 분리할 수 있었다.

1923년 헤베시와 코스터는 확인되지 않은 원소 72를 발견하고 헤베시가 좋아하는 도시인 코펜하겐의 라틴이름을 따서 "하프늄(Hafnium)"이라 명명했다.

헤베시와 홉퍼는 1934년 의학에서 처음으로 인체에서 물 제거되는 속도를 결정하기 위해 동위원소를 사용하였다. 그들은 2년 전에 유리에 의해 발견한 희석된 중수소 물을 마셨고, 그들 소변에서 중수소가 더욱 더 희석된다고 분석하였다. 그 결과로부터 그들은 그들의 몸에서 물분자가 체류되는 평균시간은  $13 \pm 1.5$ 일 이라는 결론을 내렸다.

"기회는 오로지 준비된 자에게만 있다"라는 파스퇴르의 말처럼, 헤베시의 기발한 생각과 자연 방사성핵종이나 안정 방사성핵종을 생물 의학에 처음으로 응용하는 경험으로 그는 철저히 준비할 수 있게 되었고, 생화학적 혹은 생리학적인 원소의 방사

성 표지자를 발견할 수 있는 좋은 기회를 포착할 수 있게 되었다. 1934년 초, 프레드릭 졸리오와 이렌스 퀴리는 파리 실험실에서 두 생물학적 원소이며 양전자 방출체인 P-30과 N-13을 만들어 인공 방사능을 발견했다. 수개월 내에 로마에서 페르미와 그의 제자들은 많은 원소의 방사성핵종을 발견하는데 라돈과 베릴륨 중성자를 사용했고 그 중 하나가 P-32였다.

헤베시는 그의 방사성 추적자 방법을 다양한 자연 대사과정 연구까지 확장할 수 있는 중요한 원소의 편리한 방사성 형태를 응용할 수 있는 잠재력을 즉시 알아차렸다. P-32가 발견된 후 1년이 지나서 그는 Chievitz과 함께 최초로 인공 방사성 핵종으로 생명과학에서 처음으로 방사성 추적자연구를 발표했다. 1935년에 “쥐에서 인 대사에 관한 연구에서 방사성 표지자”가 네이처지에 실렸다.

강력한 중성자 선원이 몇 주 동안 10리터의 이황화탄소에서 담겨져 있다가  $^{32}\text{S}(n, p)^{32}\text{P}$  변환으로 약 1 밀리큐리 P-32가 생산되는데 이 P-32는 쥐에게 먹일 빵에 넣기 전에  $^{32}\text{P}$ -phosphate로 전환된다. 가이거물러 검출기는 여러 기관과 배설물에서 발견된 P-32의 양을 분석하는데 사용되었다. 흥미로운 것 중 하나는 쥐에서 인 원자가 체류하는 평균 시간이 약 2달이라는 점이다. 인공 방사능을 이용한 첫 생물 의학 연구에서 뼈에서 인이 빠르게 교체된다는 결론을 얻었다. 이렇게 해서 신체 구조물의 동적상태에 관한 개념이 생겨났다.

헤베시는 생물 의학에서 방사성 추적자를 적용시키는데 이제 첫발을 내딛었다. 주로 사이클로트론 등에서 생성되는 다른 생화학 원소의 방사성 핵종(Na-24, K-42 등)들이 발견되고 유용해 지면서 그는 이것들을 대사과정이나 생리현상에 적용시키는 연구를 하였다.

그러나 그의 흥미는 끝이 없었다. 1936년에 체드윅이 영국에서 중성자를 발견한 지 4년 만에 헤베시와 Hilde Levi는 중성자를 코펜하겐에서 중성자 방사능 분석발견에 사용하였다. 이것은 희귀한 토양 원소나 다른 원소의 연구로부터 나왔다.

헤베시는 1943년 방사성 추적자의 연구에 대한 업적으로 노벨 화학상을 수상하였다. 그의 “방사성 추적자의 응용”에 관한 노벨상 수상 강연에서 그는 “방사성 추적자를 응용한 연구에서 얻어진 가장 놀라운 결과는 아마도 인체 구조물의 동적상태를 발견한 것이다. 식물이나 동물을 구성하는 분자는 끊임없이 재생된다.....”라고 말했다.

1950년 헤베시는 “생화학에서 방사성 추적자의 응용”에 관한 페리데이 강연 말미에 “동위원소 표지자의 적용은 살아있는 유기체의 수많은 분자 요소의 형성에서 속도, 위치와 순서를 결정하는 유일한 길을 열었다. 그런 방법이 있음으로 우리의 관심을 기초적인 생물학적 과정에 주목하게 하는 사고의 새장을 열었다. 표지자 화학자는 원자, 분자, 분자체의 과거에 대한 많은 관심을 갖는 역사가이다. 그의 관심은 조직에서 있는 분자가 얼마나 오래된 것인지 아니면 새로운 것인지에 있다. 그는 조직 세포에 있는 칼륨이 순환상태에서 언제쯤 없어지는 지 알고 싶어한다”라고 말했다.

헤베시의 역사에 대한 날카로운 감각에 대한 다른 예는 우유 생성에 관한 연구를 수행하는데 충분한 P-32를 보내준 로렌스에게 보낸 1938년 1월 14일에 쓴 감사의 편지에서 잘 나타나 있다. “편지를 쓰는 것은 감사의 표시이나 우리가 당신의 편지를 대하듯 편지를 대하는 것은 극도의 감사의 표시이다. 인(phosphorus)의 흔적은 봉투를 통과하고 이것이 우리로 하여금 당신의 편지를 용해시켜 그것이 포함된 인의 흔적을 재생시키도록 하였다. 역사

가들이 언젠가 당신의 역사를 쓴다면 나는 그들이 얼마나 당신의 편지가 귀했는가 하는 이 사실을 빼먹지 않길 바란다” 그 당시에는 방사성 동위원소는 쉽게 일반우편으로 보낼 수 있었다! 그는 로렌스의 관대함에 매우 감사해 했다. 왜냐하면 버클리에 있는 사이클로트론은 그 마음 속에 있는 수많은 아이디어를 끌어낼 수 있는데 필요한 핵종을 제공할 수 있는 유일한 공급원이었기 때문이었다.

1950년 오하이오주 오벌린에서 열린 방사성 생물학 심포지엄에서 헤베시는 ‘이온화 방사선과 세포대사’에 관한 논문을 발표하였다. 헤베시는 항상 시대를 앞서갔고 그는 이온화 방사선의 효과에 관한 연구에서 방사성 추적자를 적용한 첫 번째 인물들 가운데 한 명이었다. 또한 그는 동료들과 처음으로 암연구에 있어서 방사성 추적자 방법을 이용했다.

헤베시는 닐스 보어, 마리 퀴리와 이렌느 퀴리, 프레드릭 졸리오, 알버트 아인슈타인, 프리드리히 파네스, 어니스트 러더퍼드 등 기초 핵과학의 많은 다른 거장들과의 직접적인 교제 덕에 그는 많은 기념비적인 사건들의 산증인이 되었다. 이러한 사실은 피츠버그에서 열린 제8회 미핵의학회 기간중 1961년 6월 15일에 있는 두 번째 핵 개척자 강의인 ‘마리 퀴리와 동시대 사람들: 베크렐-퀴리 기념 강의’에서 잘 드러났다. 헤베시는 1959년 이미 핵의학학회의 명예회원이 되었다.

헤베시는 1885년 8월 헝가리 부다페스트에서 태어났다. 그의 학문적 연구는 부다페스트 대학에서 시작해 베를린에서 계속되었고 1908년 프라이부르크 대학에서 화학과 물리 박사학위를 받았다. 여러 나라 많은 실험실을 거쳐 그는 1926년에서 1935년까지 프라이부르크 물리화학 교수로 있었다. 그 후 그 곳을 떠나 코펜하겐 보어 연구소로 가서 1943년까지 재직하다 스톡홀름 대학의 유기화학연구소에 정착하게 되었다. 그는 1966년 7월 5일 프라이부르크에서 사망했다.

1943년 노벨상, 1959년 평화를 위한 원자상, 이외에 많은 명예가 헤베시에게 주어졌다. 그는 영국 왕립학회의 외국 회원으로 선출되어 1949년 코플리 메달을 받은 것을 가장 자랑스러워했다. 그는 12개 이상의 명예 학위를 받았다. 그리고 그는 그 학위 중 4개가 명예의학 박사학위라는 점에서 유일하며, 이는 헤베시가 의학에 기여한 공로에 대한 존경이었다.

“우리는 거인들의 어깨 위에 서있다”라는 뉴턴의 말처럼 핵의학과 관련된 모든 사람은 여러 과학자가 이룩한 많고 다양한 유산을 물려받았다. 특히 헤베시는 많은 과학자 중에서도 특히 주목할 만하고 그로부터 받은 많은 과학적 유산을 새롭게 인식하게 되었다. 따라서 그를 우리의 정신적인 지도자이자 조상으로, “핵의학의 할아버지”로 부르게 된 이유가 여기에 있다. **KRIA**