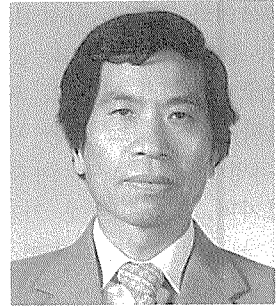


# 우리나라에서의 Tc-99m 이용

— 용리이용가능 최대량의 고찰 —



김 재 록

한국원자력연구소책임연구원  
한양대학교 객원교수

43번 원소 테크네슘(Technetium)의 대표적인  $\gamma$ -방출 동위원소인 테크네슘-99m(Tc-99m)은  $\alpha$ ,  $\beta$ 방출이 없고 140keV의 적당한 단일에너지의  $\gamma$ 선을 방출하며 그 방사성 붕괴반감기는 6시간이어서 체내에 투여하여 진단 목적으로 쓰기에는 아주 이상적이라고 할 수 있다.

Tc-99m은  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  형태로 제네레이터로부터 용離되거나 娘核種과 방사평형에 있는 Mo-99로부터 추출되며, +7이 안정한 산화상태지만 標識되기 위해서는 일반적으로 +3~+4의 산화상태가 되어야 하는데 이를 위해 사용되는 보편적인 환원제는  $\text{Sn}^{+2}$ 이다. 즉 Tc-99m은 +3, +4의 산화상태로 여러가지 유기화합물(리간드)과 錯物을 형성하여 표지된다. 각 장기마다 각기 특이한 친화성을 갖는 생물학적 활성물질이나 유기화합물이 Tc-99m으로 표지되어 체내에 투입되면 그 화합물 특유의 臟器內 集積理論에 따라 목적 장기에 집적되는데 그 집적속도, 집적양상, 배출속도 등은 當該 臟器의 기능이나 病巢 존재여부를 나타내게 되어 이에 근거하여 진단

한다. 결과적으로 Tc-99m은 어느 特定 臟器 診斷用 RI가 아니고 거의 모든 장기의 진단에 이용되는 이상적인 RI인 것이다.

이에 따라 우리나라 핵의학계에서는 Tc-99m을 많이 수입·사용하고 있으며 해마다 그 사용량이 늘어나고 있다. 최근 10년간의 우리나라에서의 전체 RI이용량의 對數(log kCi/yr)를 연도별로 점사했을 때  $y=0.026x+1.86$ 인 回歸方程式을 얻는 반면 Tc-99m의 母核種인 Mo-99이용량에 대한 그것은  $y=0.065x-0.19$ 이어서 Mo-99이용량증가율이 전체 RI에 대한 것보다 거의 3배나 크다는 사실을 알게 된다.

실제로 Tc-99m제네레이터의 방사능은 그 속에 들어있는 Tc-99m의 모핵종인 Mo-99를 기준으로 나타낸 것이어서 Mo-99의 사용량은 그대로 알 수 있으나 Tc-99m의 정확한 이용량은 이용자가 꼼꼼히 기록하고 보고하지 않는 한 사실상 알기가 어렵다. 의료용 싸이클로트론 이용생산 短壽命 RI의 실질적인 사용량도 또한 정확히 알기가 용이치 않을 터인데 일시에 대량으로 사용되지 않는다면

누적방사능에 의한 안전상의 문제는 야기되지 않을 것이기 때문에 그 정확한 사용량이 장반감기 RI의 경우처럼 큰 의미를 갖지는 않을 것이다.

Tc-99m(T=6시간)이 그 모핵종 Mo-99(T=66시간)와의 사이에 방사평형을 이룬다는 사실을 이용하여 Tc-99m의 반감기를 Mo-99의 반감기만큼 길게 해주는 효과를 얻기 위해 만들어 쓰는 것이 Tc-99m 제네레이터이기 때문에(즉, 방사평형에서는 娘核種과 모핵종이 모두 모핵종반감기에 따라 붕괴하기 때문에)Mo-99 방사능만 확실하다면 그 낭핵종 방사능은 어느 최고값이하가 될 것이며 그 값이 실제적인 의미를 갖게 될 것이다. Tc-99m제네레이터의 또다른 장점의 하나는 Tc-99m이 溶離되고나서 새로이 방사평형에 도달됨으로써 Tc-99m 방사능이 최대가 되는 시간( $t_m$ )이 다행히 24시간보다 짧아 다음날 같은 시간에 용리하려 할 때 이미 최고농도에 도달되어 있다는 점이다( $t_m = [2.303 / (\lambda_2 - \lambda_1)] \log(\lambda_2 / \lambda_1) = 23\text{hrs}$ ).

월요일 오전 9시에 Tc-99m을 용리해 사용했다면 화요일 오전 8시에 이미 새로운 방사평형에 도달되어, 월요일 Mo-99방사능의 74% ( $0.78 \times 1.09 \times 0.875 \times 100 = 74\%$ )의 Tc-99m이 생성되어 있으며 그 용리효율은 80%임으로 화요일 오전 9시에 월요일 오전 9시 현재의 Mo-99방사능의 60%에 해당하는 Tc-99m을 빼내어 쓸 수 있는 것이다.

여기서는 수입된 Tc-99m제네레이터나 생산된 Mo-99로부터 Tc-99m의 현실에 가까운 용리최대량을 구해 보기로 한다.

먼저, 현재의 이용조건에 가까운 다음과 같은 몇가지 조건을 전제해 놓을 필요가 있다.

1) 수입되는 Tc-99m제네레이터의 대부분은 매 수요일 09:00시 기준으로 Mo-99방사능에 대해 표준화된 것이며, 매 월요일 오전 8시경에 이용자에게 배달된다.

2)  $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc}$  방사성붕괴분기율(Branching Ratio)은 87.5%이고 일시방사평형기본식에 따라 Tc-99m 방사능  $A_T = 1.09A_M$ 이며 ( $A_M$ :

표 1. 우리나라에서의 Mo-99사용량과 Tc-99m 최대 용리이용가능량

단위 : Ci

연 도	Mo-99			Tc-99m		
	수 입 량	생 산 량	계	용 리 량 <sup>1)</sup>	추 출 량 <sup>2)</sup>	계
'87	679	73	752	3308	292	3600
'88	814	41	855	3762	303	4065
'89	973	44	1017	4475	324	4799
'90	1146	29	1175	5170	257	5427
'91	1318	27	1345	5918	302	6220
'92	1419	14	1433	6305	178	6483
'93	1980	10	1990	8756	225	8981
'94	2142	11	2153	9473	267	9740
'95	2465	11	2476	10894	250	11144
'96	2842	0	2842	12505	42	12547

1) 수입한 제네레이터로부터의 용리

2) 생산된 Mo-99로부터의 추출

Mo-99방사능), 제네레이터로부터의 Tc-99m 용리효율은 약 80%이다.

3) Tc-99m은 제네레이터를 인수한 월요일 부터 토요일까지 매일 오전 9시경 1회씩 주 당 총6회 용리되고 그 전량이 사용됨으로 주 당 사용량은 이를 합산한 것이 된다.

이상의 조건을 주고 식(1)~(3)을 이용해 계산한 총 이용방사능( $A_T$ )은 표준화시간에서의 Mo-99방사능(=수입방사능  $A_M$ )의 약 4.4 배에 해당되며, 1996년도에는 12,000Ci 규모이다(표 1).

- 1) 의 조건에 따라,  $(A_M)_i = 0.78(A_M)_0 \dots (1)$
- 2) 의 조건에 따라,  $A_T = 0.76(A_M)_i \dots (2)$
- 3) 의 조건에 따라,  $\sum (A_T)_i = 4.4[(A_M)_0]_i \dots (3)$

이렇게 구해진 Tc-99m이용량은 최대 용리 이용가능량이어서 실제와 다를 수 있으므로 이 계산결과가 정확한 이용통계로는 이용되지 않기를 바란다. Tc-99m제네레이터가 그 방사능표준화일시보다 늦게 도착되거나 하루 전에 도착되는 경우도 있을 것이고 용리한 Tc-99m 전량을 사용하지 않을 수도 있을 것이며 또 평일인데도 전혀 사용하지 않을 수도 더러는 있을 것이다.

Tc-99m의 실질적인 정확한 이용통계를 마련하기 곤란한 경우에는 이 최대 용리이용가능량을 Tc-99m이용량으로 공식 채택하는 방안도 생각할 수 있겠으나 그러기 위해서는 분명 적절한 공식도의과정을 거쳐야 할 것으로 생각된다.

## 잡 관!

강물은 본래 비폭력적이고 순하게 살고 싶어한다. 그래서 흘러가는 동안 거친 강바닥을 깎고 그 조각은 바닥의 갈라진 틈새에 집어넣는다. 그러나 이 과정이 강물 마음대로 되지 않는 경우도 있다. 그 결과로 나타나는 것이 바로 폭포. 자연의 거친 힘을 느끼게 하는 무시무시한 격류이다.

전 세계의 모든 폭포 중에서도 규모면에서 선두를 달리는 것이 라오스의 메콩 강에 있는 쉬뜨 드 콘(Chute de Khone)이라는 폭포다. 초당 9백50만 l의 물이 70m 아래로 쏟아져 내린다. 미국에 있는 나이아가라 폭포의 두 배에 해당하는 양이다.

남미에는 세계에서 가장 높은 폭포 두 곳과 유동 수량이 가장 많은 폭포 세 곳이 자리하고 있다.

세계에서 높이가 가장 높은 폭포는 베네수엘라의 남동부에 있는 에인절 폭포. 무려 9백79m의 절벽 위에서 떨어진다. 추련 강을 이루며 흐르던 물줄기가 정글에 둘러싸인 이 폭포에 이르러 낙하하다가 바닥에 닿을 때쯤이면 그 넓이가 1백52.4m에 이를 정도로 퍼진다. 에인절 폭포는 시카고에 있는 시어즈 타워 두 개를 합쳐 놓은 것보다도 높다. 이 외에도 세계적인 수준을 자랑하는 폭포로는 남아프리카에 있는 투겔라 폭포(9백48m), 탄자니아와 잠비아의 경계에 있는 칼람보 폭포(4백27m), 짐바브웨와 잠비아의 국경에 자리하고 있는 빅토리아 폭포(1백8m)가 있다.