

次委员会建立了一个关于钷和相关元素代谢的工作组。这个工作组制订了一个通用的胃肠吸收系数—— $3 \times 10^{-5}$ ，看来对可溶性钷化合物是合适的。在制定这个结论中，工作组没有考虑水处理期间会形成Pu(VI)的可能性，即使考虑了，他们推断Weeks等得到的Pu(VI)的吸收数据是不可靠的，或者推断Pu(VI)是在胃肠道中会迅速地被还原为Pu(III)或Pu(IV)或两者都有。

Weeks等研究了由大鼠经胃内给药后氧化状态时钷的吸收和滞留的影响。当投给的溶液中所有的钷都呈Pu(III)态时，4天后骨骼中和肝中的滞留量是0.006%（投给剂量的百分率），而呈Pu(IV)态时为0.001%，呈Pu(VI)态时是1.75%。80天后滞留量分别为0.010，0.001和1.75%。每个值为6只大鼠的平均值。他们得到的Pu(III)和Pu(IV)的结果和很多其他研究者得到的结果接近一致。由于那些实验中投给的钷是Pu(IV)和Pu(VI)的混合物，Pu(VI)百分率和被吸收的钷百分率之间的关系是非常大的。

工作组报告的作者们是知道Weeks等人的工作的，因为他们在胃肠吸收章节部分提到了他们。然而，他们陈述的实质指出，对于Weeks等人的材料的可靠性持有怀疑：“虽然证据不足，似乎是Pu(VI)比Pu(IV)被吸收的更迅速”。如同所发表的材料，Weeks等进行的研究好像是十分肯定的。

Np(VI)经大鼠胃肠吸收和U(VI)经人的胃肠吸收证实了Weeks等发现的Pu(VI)的吸收。[Np(VI)和U(VI)二者是与Pu(VI)很相近的化学类似物。当各自从溶液中被特定的试剂沉淀

时，形成的化合物是同晶型的，它们与相同的配合基形成络合物并且其程度是可匹敌的，当它们都呈VI价状态时彼此分离是极其困难的]Ballou等发现Np(VI)经大鼠胃吸收为2%。根据人及其食物中铀的测量Hursh和Spoor确定U(VI)的胃肠吸收在10~30%之间。人体内Pu(VI)的吸收不应有明显的差别，那就是，与U(VI)的吸收相比接近于大10倍。

胃肠道内的情况实际上是进行还原作用，在喝入水后可使Pu(VI)立即还原为Pu(IV)。在这种情况下，计算最大允许浓度宁可用Pu(IV)的胃肠吸收系数而不用Pu(VI)的胃肠吸收系数。对于Weeks等人的论文，我们在和其作者之一进行评论时获悉，他们的实验中，(i)投给钷前后大鼠断食；(ii)含有钷(VI)的溶液以重铬酸盐计约为0.01M。因此，在投药时动物的胃肠道或许可能缺少那些还原Pu(VI)的要素，或许即使存在这些要素，它们可与重铬酸盐反应，从而阻碍了钷的还原。当时我们尚不知道在消化进行期间有Pu(VI)还原为Pu(IV)的报导。

我们的研究表明，饮水的钷呈Pu(VI)状态，但是否咽下后Pu(VI)会立即被还原为Pu(IV)尚待证明。在证实这一点时必须考虑到水和食物的消化未必是暂时地相关这个事实；当食物消化时，Pu(VI)可能迅速地被还原，而当消化道是空的时候则不然。

[Larsen RP等:Science 201(4360):1008~1009, 1978(英文)张仲权译,赵光陆、朱昌寿审校]

## 90锶和210铅的大气阻留时间

### 引言

在一次大气层核试验后，通过观测所收集的雨水样品中 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 的比值能够预算出 $^{90}\text{Sr}$ 在对流层的阻留时间。阻留时间也可以从观测雨水样或空气滤样中氦子体 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Bi}$ 和 $^{210}\text{Po}$ 的比值计算出来。然而，Poet等人和Moore等曾经报告，

在对流层中的大部份 $^{210}\text{Po}$ 来源于大陆表面，而不是来源于对流层内 $^{222}\text{Rn}$ 的衰变。因而，他们认为根据雨水和空气滤样中 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比值算出的一些阻留时间值是十分不可靠的。为此，有必要一次大气层核试验后收集的一系列雨水样品通过同时测定 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 和 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 的比值而算得的一些阻留时间进行比较研究。

1972年3月18日中国在罗布泊 (Lop Nor, 北纬40°, 东经90°) 进行核试验后, 在美国的费耶特维尔 (北纬36°, 西经94°) 进行了这种研究, 在这里报告所得的结果。在日本的东京 (北纬36°, 东经40°) 和土耳其的安卡拉 (北纬40°, 东经33°) 收集的雨水样品亦进行了 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值的测定。

## 实 验

用安置在美国阿肯色州费耶特维尔的阿肯色大学化学楼屋顶上的采样系统收集雨水和雪样。东京的雨水样由东京气象研究所的 T. Kanazawa 氏收集, 由我们一人蒸发后送到我们实验室做放射化学分析。由土耳其安卡拉 Hacettepe 大学化学系的 E. Edguer 教授和 NUR Gökien 氏收集安卡拉的雨水样品, 蒸发至小体积后送到我们实验室。

用以分离锶同位素的放射化学分析程序与 Hodges 所叙述的相同。 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Po}$ 的放射化学分析程序与 Wallace 氏所用的相同。用示踪实验室的低水平 $\beta$ 计数系统 (BLB5020 S ommiguard) 作放射性测量。无载体的钋样用 ortec 面垒型探测器连接芝加哥核子 ND150M 脉冲高度分析器进行 $\alpha$ 计数。

## 结果和讨论

1972年3月18日中国第14次核试验后观测到的雨水中 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值的变化是特别引人注目的, 这是由于这些测定是在三个彼此相隔很远的地方做的, 这三个地方是: 东京、费耶特维尔和安卡拉。

依据 Chen 氏等的报告画出了1967年12月24日中国第七次核试验的新鲜裂变碎片在高度为5670米 (500毫巴) 的大气中的运行途径。中国第七次核试验的新鲜裂变产物片在500毫巴高度上14天绕行世界一周。虽然在大气中运行的途径与中国第14次核试验时不一样, 但是第14次核试验的新鲜裂变碎片环行世界一周的时间大约亦为两星期。新鲜裂变碎片首次到达费耶特维尔和安卡拉依次接近于1972年3月底。于费耶特维尔4月上半月雨水样品中 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值达到最小值的同时, 在东京 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值发生明显的增长, 这是裂变碎片第二次到达那里的信号。裂变碎片第二次到达东京是4月7日和8日; 再次通过太平洋, 于4月15日至20日到达美国引起在雨水样品中 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值出现明显的高峰。

在几个月之后整个北温带对流层中的 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值之间差异变小了, 比值最终以与 $^{89}\text{Sr}$  50.5天的半衰期相应的速率减少。换言之, 1972年3月18日中国第14次核试验投入对流层中的锶同位素已于1972年8月底从对流层中完全移去。

$^{90}\text{Sr}$ 的平均对流层阻留时间, 可根据 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值用下式计算:

$$1 - X = \frac{-S_0 + T_0 e^{(\lambda_{89} - \lambda_{90})t}}{T_0 - S_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $S_0$ 、 $T_0$ ——分别为在 $t=0$  (核爆炸时间) 时同温层中和对流层中的 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值;  $T$ ——核爆炸后七天在雨水中测到的 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值;  $\lambda_{89}$ 、 $\lambda_{90}$ ——分别为 $^{89}\text{Sr}$ 和 $^{90}\text{Sr}$ 的衰变常数;  $X$ ——表示来源于对流层的 $^{90}\text{Sr}$ 的分数。

Beck和Kuroda曾经指出 $1 - X$ 随时间 $t$ 而进行指数衰减。因此, 以 $1 - X$ 值对 $t$ 作图, 平均对流层阻留时间值可以根据 $1 - X$ 随时间变化的衰减线的斜率计算出来。

由雨中 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比值计算阻留时间, 可以采用 Lehmann 和 Sittkus 氏最早用过的公式:

$$\frac{N_F \lambda_F}{N_D \lambda_D} = \frac{(T_R)^2}{(T_R + T_F)(T_R + T_{D^*})} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $N$ ——原子数;  $\lambda$ ——衰变常数;  $T$ 、 $T_R$ ——分别为衰变常数的倒数和清除常数的倒数 ( $T_R = 1/\lambda_R$ );  $D$ 和 $F$ 分别代表 $\text{RaD}$  ( $^{210}\text{Pb}$ ) 和 $\text{RaF}$  ( $^{210}\text{Po}$ )。

1972年5、6、7、8月于费耶特维尔收集的15个雨水样品都作了 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 的浓度测定。用上述方法, 由测定雨水样品中 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 和 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比值计算了平均阻留时间值。用公式(1)计算 $1 - X$ 值时的假定 $T_0$ 等于 $^{89}\text{Sr}$ 的裂变产物比。结果列于表1。

由相同雨水样品中 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值和 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比值所计算出的阻留时间的一致性意外地好。正如 Marenco 和 Fontan 氏所指出的那样, 阻留时间取决于来源、放射性时间和分布诸要素。因此, 没有理由要求根据 $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 比值和 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比值求得的阻留时间完全一致。 $^{210}\text{Po}$ 和 $^{210}\text{Pb}$ 是由大气层中的氦不断提供的。而在对流层中的大部分 $^{89}\text{Sr}$ 和 $^{90}\text{Sr}$ 则是在1972年3月18日罗布泊中国第14次核试验时投入的。

Marenco 和 Fontan 氏认为, 气溶胶的平均对流层阻留时间主要取决于它形成高度,  $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Bi}$ 是较低对流层的代表, 而 $^{210}\text{Po}$ 则是整个对

表 1 1972年3月18日中国第14次核试验后在阿肯色州费耶特维尔的雨水样品中的放射性铯同位素和钋子体

日期	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>210</sup> Pb	<sup>210</sup> Po	平均阻留时间	
	10 <sup>-12</sup> 居里/升				由 <sup>89</sup> Sr/ <sup>90</sup> Sr算得	由 <sup>210</sup> Po/ <sup>210</sup> Pb算得
1972.5.1	10.6±1.5	0.44±0.10	2.52±0.21	0.35±0.04	27 <sup>+7</sup> <sub>-5</sub>	40 <sup>+8</sup> <sub>-9</sub>
1972.5.7~8	15.6±1.8	1.3±0.1	4.10±0.30	0.22±0.02	9 <sup>+5</sup> <sub>-9</sub>	17 <sup>+2</sup> <sub>-4</sub>
1972.5.12	27.7±1.9	1.1±0.1	4.26±0.46	0.45±0.05	34 <sup>+5</sup> <sub>-4</sub>	31 <sup>+6</sup> <sub>-2</sub>
1972.5.22~23	72.6±5.4	4.6±0.7	12.50±0.66	1.45±0.15	27 <sup>+8</sup> <sub>-7</sub>	34 <sup>+7</sup> <sub>-5</sub>
1972.5.26~27	27.5±2.2	2.1±0.1	7.00±0.44	0.73±0.07	25 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	29 <sup>+5</sup> <sub>-8</sub>
1972.5.28	25.8±2.9	1.8±0.4	6.48±0.72	0.81±0.08	30 <sup>+9</sup> <sub>-10</sub>	37 <sup>+6</sup> <sub>-8</sub>
1972.6.14	8.2±0.8	0.5±0.2	1.50±0.20	0.35±0.07	55 <sup>+10</sup> <sub>-12</sub>	68 <sup>+36</sup> <sub>-6</sub>
1972.6.27	7.6±0.9	0.64±0.12	8.70±0.60	0.78±0.16	53 <sup>+12</sup> <sub>-10</sub>	38 <sup>+14</sup> <sub>-9</sub>
1972.6.30	8.4±0.9	0.84±0.11	4.90±0.40	0.65±0.13	49 <sup>+4</sup> <sub>-9</sub>	37 <sup>+12</sup> <sub>-9</sub>
1972.7.1	8.1±0.8	0.82±0.15	2.50±0.30	0.28±0.06	49 <sup>+12</sup> <sub>-11</sub>	31 <sup>+13</sup> <sub>-8</sub>
1972.7.3	17.1±3.1	1.0±0.1	4.90±0.40	0.51±0.10	98 <sup>+32</sup> <sub>-36</sub>	30 <sup>+9</sup> <sub>-7</sub>
1972.7.28	5.3±0.7	0.90±0.09	7.70±0.50	0.90±0.20	51 <sup>+11</sup> <sub>-9</sub>	33 <sup>+10</sup> <sub>-8</sub>
1972.7.29	5.7±0.9	0.79±0.16	5.20±0.25	0.63±0.13	66 <sup>+21</sup> <sub>-18</sub>	34 <sup>+10</sup> <sub>-12</sub>
1972.8.4	0.71±0.06	0.14±0.01	2.00±0.40	0.36±0.07	51 <sup>+7</sup> <sub>-9</sub>	52 <sup>+31</sup> <sub>-18</sub>
1972.8.14	3.3±0.6	0.67±0.13	8.60±0.70	0.69±0.14	62 <sup>+17</sup> <sub>-23</sub>	53 <sup>+19</sup> <sub>-13</sub>

流层中的代表。从根据雨水中<sup>89</sup>Sr/<sup>90</sup>Sr比值和<sup>210</sup>Po/<sup>210</sup>Pb比值求得的阻留时间基本一致这一事实出发,似乎可以排除在对流层中存在有大量过

剩的、并非来源于大气中<sup>222</sup>Rn衰变的<sup>210</sup>Po的可能性。

[Kuroda PK等;J Radioanal Chem 43(2): 443~450, 1978 (英文)苏龙能摘 张景源 章仲侯审校]

## 工业照相射线质范围内个人剂量的ICRP新概念和照射量的关系

### 器官剂量的计算

按ICRP出版物26的建议,个人剂量是通过不同器官的剂量乘以各器官的权重因子后相加来计算的,而器官的权重因子与这个器官的辐射灵敏度有关,其值列于表1。对于没有列出的器官,我们采用消化道所吸收的剂量。

因为权重因子只涉及到女性乳房,所以当计算

男人的ICRP剂量时,其乳房剂量忽略不计。

骨骼中红骨髓的分布由Ellis和Hashimoto及Yamado作过研究。这两篇报告给出的分布稍有不同。在表2中列出了这些作者给出的红骨髓的数值。红骨髓的剂量由下式计算:

$$D_m = \sum_{i=1}^6 f_i D_i \quad (1)$$