

# 我国海岸及大陆架沉积物中贝壳的 C<sup>14</sup> 年龄及地质解释的讨论\*

陈以健

(国家地震局地质研究所)

海相沉积物中的贝壳是研究海陆变迁的重要证据,也是海岸带分布最广泛的可用于C<sup>14</sup>年龄测定的材料。它除了为冰后期世界性海平面的升降变化的研究提供时间尺度以外,也可为海岸及陆架地区地壳新活动的研究提供有说服力的证据。到目前为止,据不完全统计,我国已经测定了168个海相贝壳及残留沉积物的C<sup>14</sup>年龄数据,其中在东海大陆架地区采集的样品有65个,在海岸带采集的有103个。

用贝壳作C<sup>14</sup>年龄测定材料所提供的数据的可靠性问题,曾在国际上引起广泛的讨论,一直到1979年8月召开的第10次国际C<sup>14</sup>年代测定学术讨论会上,仍是一个引人注意的讨论课题。对于贝壳样品C<sup>14</sup>年龄测定结果的运用及解释,目前国内外仍存在着许多分歧看法(如有关玉木冰期时低海面的位置及年代,近7000年来世界性海平面升降变化的模式,贝壳埋的成因以及与海平面变化的关系等问题),分歧的问题均涉及到贝壳样品C<sup>14</sup>年龄的可能误差来源以及影响正确运用及解释贝壳样品C<sup>14</sup>年龄测定结果的地质及地貌因素。为此,本文将依据我国海岸及陆架地区168个贝壳及残留沉积物的C<sup>14</sup>年龄测定结果,并结合国际上有关这一问题的一些研究成果对以上问题进行初步讨论。

## 一、贝壳样品C<sup>14</sup>年龄可能的误差来源

贝壳样品C<sup>14</sup>年龄测定的可能的误差来源在许多文献中均将进行过专门的讨论。可能引起误差的因素包括有:

### 1. 海洋的储存库效应 海水的C<sup>14</sup>放射

性由于受海洋混合作用影响要比大气层的浓度低约5%,在南极地区由于深层海水的上涌,C<sup>14</sup>的浓度比大气层要低达20—27%,因为瓣腮类及腹足类动物贝壳的C<sup>14</sup>放射性与它生活的水体相平衡,所以贝壳样品的C<sup>14</sup>年龄与同期生长的木头样品相比,C<sup>14</sup>年龄要老300—450年,南极地区的贝壳要老900—1200年。

2. 同位素分馏效应 贝壳样品的 $\delta C^{13}$ 数值一般为0,而木头样品为-25‰,这是由于生物具有不同的同位素分馏能力产生的偏差。因为C<sup>14</sup>的分馏为C<sup>13</sup>的二倍,所以贝壳样品初始的C<sup>14</sup>浓度与木头样品相比要高约5%,这一数值与上述的海洋储存库效应所引起的偏差正好相等并相互抵消。

3. 大气层C<sup>14</sup>浓度的变化 在过去的6—7千年间,大气层中C<sup>14</sup>浓度曾出现过幅度约为10%的起伏变化,由此引起的年龄误差约为750年左右。1954年后,由于大气层核武器试验释放大量的“炸弹C<sup>14</sup>”,使得大气层中C<sup>14</sup>浓度比试验前高出2倍,也使得大洋中的表层海水C<sup>14</sup>浓度比试验前高20%。对于大气层中C<sup>14</sup>浓度的长趋势变化引起的偏差,现已有数种根据树轮测定结果制定的校正表供使用。

4. 同位素交换效应 在普通的地表环境下,珊瑚或贝壳的矿物结构会因受热而发生改变,由文石转变为方解石并在这一转变过程中受到现代碳的污染。Chappell等人(1974)曾

\* 本文所引用的东海大陆架沉积物的样品是由国家海洋局第二海洋所、中科院海洋研究所和地质部海洋地质调查局等单位采集的。C<sup>14</sup>年龄数据是由中科院地化所、社会科学院考古所、北京大学历史系考古专业以及国家地震局地质所等单位的C<sup>14</sup>年龄测定实验室测定的。

发现, 在新几内亚 Huon 半岛上升珊瑚礁阶地上, 随着重结晶的程度增加, 某些珊瑚样品因受到现代碳的污染,  $C^{14}$  年龄由4万年下降为1万年。但是最近 Rhodes 等人 (1980) 对澳大利亚东部卡宾达尼亚半岛海岸上的贝壳堤的贝壳样品  $C^{14}$  年龄测定结果表明, 即使已有25%的文石转变为方解石, 样品的  $C^{14}$  年龄没有显示受现代碳污染的迹象, 有二个贝壳样品重结晶程度达到95%, 与其下的泥炭层的  $C^{14}$  年龄测定结果相比, 也没有十分明显的差别。这一结果十分重要, 因为它表明不是暴露在大气下的埋藏的贝壳样品即使已发生严重的重结晶作用, 它的  $C^{14}$  年龄测定结果有可能仍没有受到现代碳的污染。

此外, 曾有一些人用分层腐蚀的方法, 分别测定贝壳的内、中、外层的  $C^{14}$  年龄, 结果表明它们之间的差别并不明显, 即使是一些发生过严重的重结晶作用的样品, 也没有很明显的差别。

概括上述分析结果可知, 海相贝壳是一种适合于  $C^{14}$  年龄测定的材料。

## 二、地质地貌因素对测定结果解释的影响

对贝壳样品  $C^{14}$  年龄的测定结果作出正确的解释是一项十分复杂的工作, 常会因对一些地质、地貌的影响因素考虑不周而推导出一些错误的结论, 这些影响因素主要是:

**1. 贝壳样品的生态条件** 不同种属的贝壳对生存环境(水深, 盐度等)有不同的要求, 但有一些贝壳对环境的适应性很强, 如牡蛎可以生活于从几米到100米左右水深, 含盐量从5%到30%的环境中。所以不能直接利用所测定的贝壳样品的分布高度及  $C^{14}$  年龄来确定古海面的位置。

**2. 海洋的动力作用** 据潜水观测, 波浪对沉积物的影响深度可以达到海面下100米的深度。据有关文献报导, 在强大的台风袭击下, 有一些砂质海滩在一昼夜之间就变为砾石滩。在风及波浪的作用下, 海相沉积物中的贝壳样

品有一些是被多次搬运及混合的。许多测定的结果表明, 同一贝壳堤中的贝壳样品  $C^{14}$  年龄的变化范围可以从几百年到数千年。

**3. 沉积环境的影响** 陆架上的地形常常布满沟谷以及高差大约为10—30米的起伏地形, 水中现代浮游生物量以及沉积物的来源在不同的海区有很大的差别, 有些海区晚更新世的残留沉积物直接暴露于海底沉积物的表面, 有些则被河流的现代冲积物所覆盖, 所以世界各地陆架上沉积物的  $C^{14}$  年龄与水深的关系图上出现相当分散的画面。

**4. 雨水的淋滤胶结作用** 据澳大利亚海岸一些砂堤的研究结果, 在雨水的淋滤作用下, 砂堤顶部沉积物的碳酸盐含量, 在300年间, 由原来的6%下降为零。在淋滤过程中, 雨水除了将顶部的较年青的碳酸盐向下淋滤以外, 由于雨水中含有来源于大气层的  $CO_2$ , 这一部分现代碳被迁移到底部沉淀后, 可以使得沉积物的  $C^{14}$  年龄剖面出现倒转。

**5. 人为因素的影响** 由于拖网渔船的活动, 海底沉积物往往会受到剧烈的搅动。各种工程建设也会改变贝壳的沉积条件。

上述这些影响因素, 常常是出现一些难以解释的“失常的”  $C^{14}$  年龄数据的原因。因此除了仔细分析样品所处的地质地貌条件外, 可以利用孢粉、微古生物以及考古等资料对测定结果进行检查。在可能的条件下, 多采集一些对比样品, 也可以帮助我们作出更为接近实际的结论。

## 三、我国海岸带贝壳样品的 $C^{14}$ 年龄

到目前为止, 共收集到我国海岸带贝壳样品的  $C^{14}$  年龄数据103个(表1)。它们大部分是在距地表1—5米深度采集的, 仅有个别采样深度为13—17米。所有的数据均没有进行任何校正。但通过数据的分析对比, 可以认为这些数据基本上都是可靠的。

**1. 与木头及泥炭样品的对比** 对在浙江杭州距地表7米采集到的木板和具有明显的磨

表1 我国海岸地区贝壳样品的  
C<sup>14</sup>年龄数据数目统计

地区	辽东湾	渤海湾	莱州湾	苏浙沿海	闽粤沿海	总计
C <sup>14</sup> 数据数目(个)	2	44	18	17	22	103

蚀痕迹的长牡蛎壳及小的咸水螺分别进行了C<sup>14</sup>年龄测定,结果分别为6965、13570和6320年。因为牡蛎壳是从别处搬运来的,所以C<sup>14</sup>年龄与别的样品有差别,其余二个样品数据基本相符。此外,对在江苏海安距地表2米处采集了二个泥炭、两个淡水贝壳样品和一块木板,分别进行了C<sup>14</sup>年龄测定,结果分别为3900和4150年、3345和3790年、3210年。三种材料的测定结果也基本相符。

2. 与考古学的证据对比 沿上海市的柘林马桥等地有一条埋藏的贝壳砂堤,据考证这条贝壳砂堤形成于距今5—6千年,并且直到距今2000年左右,海岸线才离开砂堤向海方向推进。贝壳砂堤的6个C<sup>14</sup>年龄数据分别为6835, 6150, 5520, 3820, 3670, 2085年,这与考古学的考证基本相符。渤海湾西岸的第五、三贝壳堤,据考古学的考证分别形成于唐宋时期及东周时期。它们的C<sup>14</sup>年龄测定结果分别为1080、1460、1790、2020、2030、2350年和3040、3400、3495、3730、3880年,与考古学的考证也基本相符。

3. 沉积次序的对比 渤海湾北岸沿潮白河河口向上游分布有数道大致与海岸平行的原生牡蛎壳堆积层,它们的C<sup>14</sup>年龄从河口起分别为1005、2575、3810、5020、5945、5763年,很好地反映了5000年来海岸线逐步后退的过程。

上述的这些对比,也证实了前面一节中曾引述过的结论,即海相贝壳样品是一种适合于C<sup>14</sup>年龄测定的材料。它的测定结果基本上是可贵的。在图(1)中示出了已测定的103个海岸地区贝壳样品的C<sup>14</sup>年龄分布频率图。这些样品约有40%是在贝壳堤中采集的,有23%是牡蛎壳,余下的均是在海相层中采集的。它们的C<sup>14</sup>年龄分布范围为125—7670年。在2000—

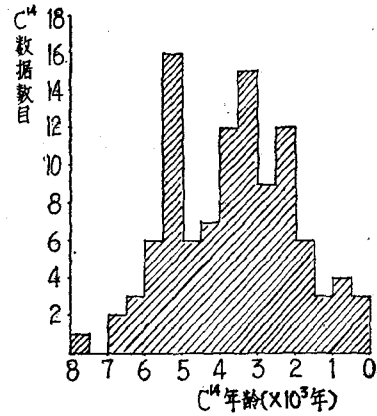


图1 我国海岸地区贝壳样品  
C<sup>14</sup>年龄分布频率图

2500年间、3000—4000年间和5000—5500年间出现三个峰值。年龄为2000—6000年的样品占总数的68%,小于2000年的样品只占14%。从我国海岸沉积物中贝壳样品的C<sup>14</sup>年龄频率分布来看似乎可以认为,在距今7000年左右海平面已到达了目前的位置,在距今2000—6000年间,在我国海岸地区曾发生过三次广泛的海侵;在最近的2000年以来,海岸线停留在目前的位置上没有明显的变动。但因为采样的密度还不十分充分,所以这些认识仍是十分初步的。

我国海岸地区贝壳堤的C<sup>14</sup>年龄对比显示出它们不是同一时期形成的(图2),从图(2)中也可看出,世界各地的贝壳堤的C<sup>14</sup>年龄也不是同期的。如果贝壳堤是由于世界性海平面的升降变化引起的,各地贝壳堤的C<sup>14</sup>年龄应当可以互相对比,所以这十分有力地说明了贝壳堤可以作为古海岸线的标志,但不能作为海平面变化的指示物。在澳大利亚海岸还有一些其他的证据表明,在海平面保持相对稳定的条



图2 世界各地海岸地区贝壳堤的C<sup>14</sup>  
年龄对比

件下，也可以在河口两侧形成与海岸线接近平行的数列贝壳堤。

#### 四、我国陆架地区沉积物的C<sup>14</sup>年龄

收集到的65个东海大陆架的贝壳及残余沉积物的样品主要分布于N27—33°，E122—133°的海域内(见图3及表2)。大部分样品位于水深32—160米的陆架上，但有个别样品是在冲绳海槽采集的，它们的最大水深达1700米。这些样品中有将近一半是在沉积物表层0—0.2米深度采集的，有15个是在0.2—1.5米深度采集的，有20个是在1.5—1.8米深度采集的，它们的C<sup>14</sup>年龄分布频率见图4。

从图4可以看出，陆架上沉积物的C<sup>14</sup>年龄分布范围为从距今13000年到超过3.5万年。但

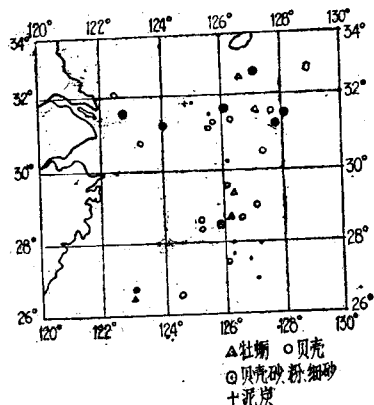


图3 东海大陆架沉积物的C<sup>14</sup>样品采集位置

表2 东海大陆架沉积物的C<sup>14</sup>年龄数据数目统计

样品种类	牡蛎壳	扇贝及蛤蜊等	贝壳砂	有孔虫粉砂及粉细砂	钙结核	总数
C <sup>14</sup> 数据数目(个)	5	22	13	23	2	65

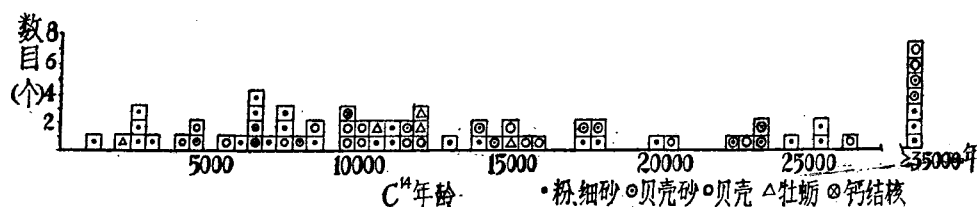


图4 东海大陆架沉积物的C<sup>14</sup>年龄分布频率图

其中有一半以上为距今6000—18000年(表3)。当这些数据全部绘制在年龄-水深的关系图上时(图5)，我们可以看出样品集中分布于三个深度，即50—70，100—120，140—150米。

表3 东海大陆架沉积物的C<sup>14</sup>年龄分布统计

C <sup>14</sup> 年龄范围(年)	1000—6000	6000—12000	1300—18000	20000—27000	>35000
	数据数目(个)	10	26	12	10

在相同的水深处C<sup>14</sup>年龄从几千年到几万年都有分布。除了牡蛎壳样品C<sup>14</sup>年龄仅限于距今2365—15200年范围内之外，其余的各类样品C<sup>14</sup>年龄从几千年到超过3.5万年都有分布。

东海大陆架上的沉积物可以分出三期沉积：(1).C<sup>14</sup>年龄为几千年的现代沉积物，它们分布于沉积物的表层0—0.6米深度范围内。(2).C<sup>14</sup>年龄为7000—25000年的冰后期低海面或海侵时遗留在陆架上的残留沉积，它们一般分布于距沉积物表层0.6—1.8米的深度，但有许多地方它们直接暴露于沉积物的表层。(3).是C<sup>14</sup>年龄>2.5万年的玉木冰期海面下降时期遗留在陆架上的沉积物，它与前一期沉积由一沉积间断所分隔，它们一般分布于距沉积物表层1.8米以下。这些不同时期形成的沉积物相互叠加在一起，加上各种地质地貌因素的干扰，使得图5的画面显得十分凌乱，我们从中几乎得不到任何有关海平面变化的有价值的情报。

在比较谨慎地研究了样品的地质情况后，我们从陆架沉积物的C<sup>14</sup>年龄数据中选出了24个比较可靠的数据，又从海岸沉积物的C<sup>14</sup>年龄数据中选出了15个数据，绘制了近三万年来东海大陆架及其邻近海岸地区海平面相对变化

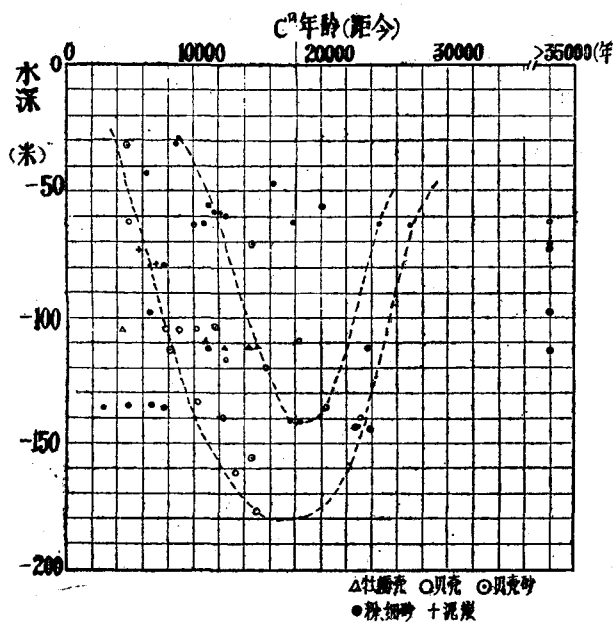


图5 东海大陆架沉积物的C<sup>14</sup>年龄与水深关系图

曲线图6。

在目前阶段，这类曲线当然不是很精确的，但是，它显示出了近三万年来海平面变化的总趋势。从图6中我们可以得知，玉木冰期的低海面出现于距今1.7—2.3万年间，其位置大约在目前海平面下140—150米处。从距今1.7万年开始，海平面上升，在上升的过程中，海平面有过数次停顿，即在距今约1.5万年左右时，海平面在-110米有1—2千年的停顿；在距今1.2万年时，海平面在-70米处也有过1—2千年的停顿；在距今7000年左右，海平面上升到当前位置，在最近的7000年间，海平面在保持相对稳定的情况下，有过四次幅度为

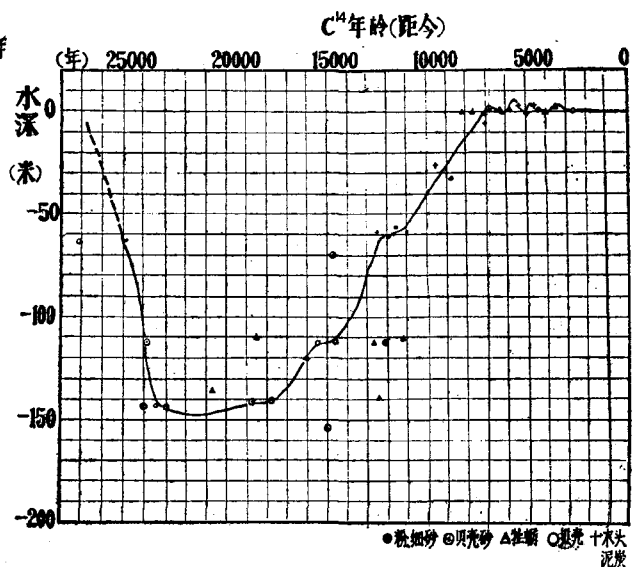


图6 近三万年来东海大陆架及其邻近海岸地区海平面相对变化曲线

+1—+4米的小波动，它们分别发生于距今6500年、5500年、4500年、3500年左右，在最近的二千年间，海平面处于一个比较稳定的时期。

根据168个海相贝壳及沉积物的C<sup>14</sup>年龄测定数据的分析，可以认为贝壳是一种适合于C<sup>14</sup>年龄测定的材料，它的测定结果基本上是可可靠的。但是由于贝壳样品在沉积后经常受到许多地质营力的作用而被搬运和混合，结果使得对数据的解释工作复杂化，因此，在运用贝壳样品的C<sup>14</sup>年龄测定数据时，必须谨慎。

根据这些数据初步绘制了近三万年来，我国东海大陆架及海岸带海平面相对变化曲线，由于数据还不够充分，图中所勾划的曲线是十分粗略的，许多问题有待今后进一步探讨补充。  
(参考文献略)

## DISCUSSION ON RADIOCARBON AGES OF SHELLS IN COASTAL AND SHELF DEPOSITS AND ITS GEOLOGICAL INTERPRETATION

Chen Yijian

(Institute of Geology, National Seismological Bureau)

### Abstract

Shells in coastal and shelf deposits are important material for studying the sea and its changes. The ages of 168 samples of marine shells were determined by C<sup>14</sup> dating recently. But the results are subject to change that will affect the interpretation of the data.

In this paper, the possible sources of error in C<sup>14</sup> dating of shells and the effects of geological and geomorphic factors on interpreting the data are first discussed. Finally, based upon the ages of the 168 shells, the trend of the sea-level changes during the last 30,000 years is illustrated.