

全新世海平面变化问题

——以外国为例

森助 庀

I 序言

在第四纪海平面变动研研中，以最近一万年或最后间冰期的二万年（或者1.5万年）研究最盛行。伴随着这个时期的显著的海平面上升的海进，外国有全新世海进或者弗兰德里海进，日本有冲积世海进、有乐町海进、绳文海进等。由于使用了最新地质年代，海平面变动年代可精确到1000年、100年、甚至是10年，海平面的升降值也可以精确到1米或0.1米。对于海平面年代的确定，一般采用 C^{14} 、年轮学、文物、遗物、古书、图案等方法确定，而确定海平面的高度，有地层学，地形学的方法，有验潮仪的观察，此外有考古学资料。

图1至图4*是以前经常被引用的全新的世海平面变动曲线。本文又增加了新资料，并按地区予以表示。对这些曲线，谢泼德(Shepard, 1964)、柯雷(Curray, 1965)等人、都曾经指出过它们之间的不同点。综观全新世海平面变动的研究，现在主要解决以下两个问题：①全新世是否存在过比现在高的海平面？②全新世海平面是震荡的，还是平滑地上升的*？。根据这两点按照已得出的曲线可分成以下三种看法：①有高海面存在，并且是震荡的（暂称高海面——震荡类型，如图1中的A、B、C、F，图2中的A、C、E和图3中的C、D）；②没有高海面，但是震荡的（暂称低海面——震荡类型，如图2中的D、F，图3中的B）；③既没有高海面，也不是震荡的（平滑类型，如图1中的D、E，图2中的B，图3中的A和图4中的A、B、C、D）。

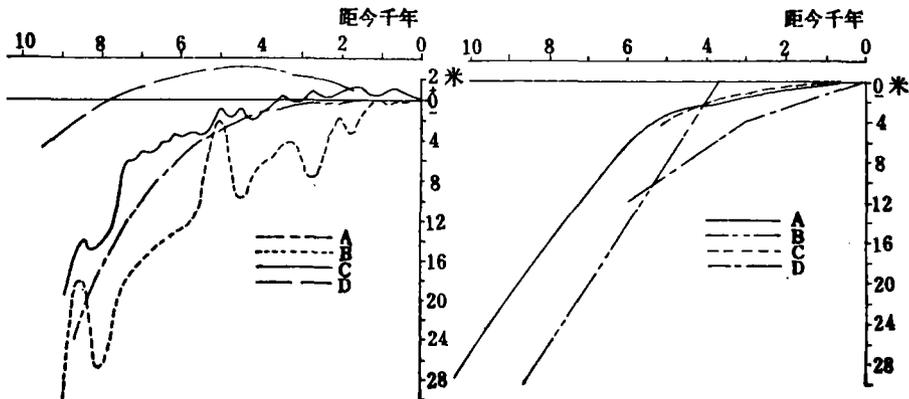


图1 世界各地海平面变动曲线（欧洲、北美除外）

图2 欧洲海平面变动曲线

*年代统一使用 C^{14} 年代

*本文所说的振，平滑动分别相当于fluctuation(波状)和smooth(平坦)——译者

- A 新西兰
- B 世界各地
- C 日本
- D 加罗林群岛, 马绍尔群岛
- E 百慕大
- F 毛里塔尼亚

- A 卡库加特海和瑞典西岸
- B 荷兰
- C 国法北部沿海和大西洋岸
- D 法国
- E 黑海沿岸
- F 法国大西洋岸

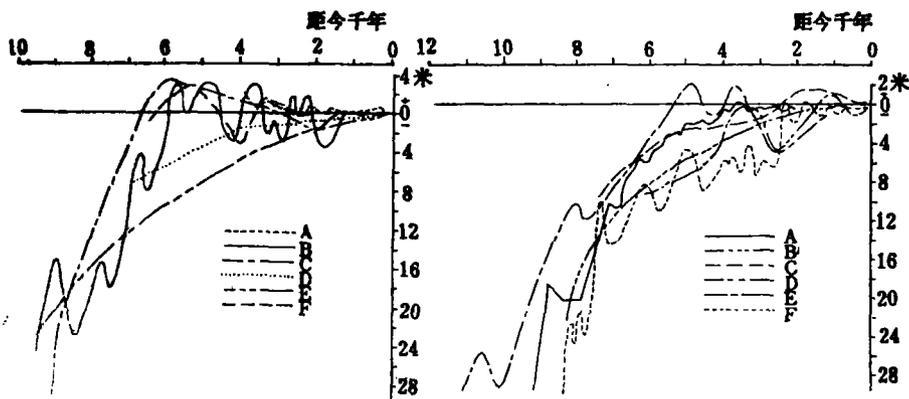


图3 英海平面变动曲线

- A 里布斯特尔运河
- B 太晤士河口
- C 英格兰西北
- D 苏格兰西南

图4 北美海平面变动曲线

- A 美国、荷兰
- B 路易西女纳西部
- C 南佛罗里达
- D 特拉华

II 全新世高海面存在与否

1) 支持论 自从1920年戴利 (Daly) 认为全球有高海面存在以后, 在珊瑚礁发育地区, 全新世形成的上升岸线 (戴利岸线) 已有很多报导。到了六十年代用C¹⁴进行的绝对年代测定, 已确认戴利岸线是在全新世形成。最近这方面的研究增多了, 以致可以论述区域特征了。

在费尔布里奇 (Fairbridge) 的资料搜集中心地区之一的澳大利亚, 霍普利 (Hopley)、洛费尔 (Lovell) 在昆士兰地区, 分别报道了4100年前海拔3米和2500年前海拔2米的高海面。另外在南美, 从巴西的里西非到圣多斯, 4500—3500年前的最高海面海拔3米。非洲西岸的毛里塔尼亚, 5500年前的海平面海拔3米 (爱因塞莱等人, 1974年), 东岸的怯尼亚2820年前的海拔1米。亚洲, 无论是受到局部地壳变动影响的地区,*还是象印度西北岸和马来半岛那样稳定的地区, 都分别有6500—4500年前海拔2—6米和6000—2000年前海拔2—3米的高海面。虽然上述地区高海面的年代, 高度不一定一致, 但海面都比现在高, 这是共同的。由于这些研究都是在不受局部地壳变动

*例如南印度和新几利亚

影响的地区进行的，所以一般可看作是海面升降所造成的。

在欧洲，虽然对高海面持否定的研究较多。但是，瑞典西南岸3600—3400年前海拔0.4米，英国西岸1600年前海拔1.4米，爱尔兰东岸5000年前海拔3.5—4.0米的高海面，也都认为存在。然而上述地区，在最末冰期时，不是冰川复盖的地区，就是冰缘地区，因此，对于研究因海面升降造成的海平面上升，这些地区是不合适的。但是在黑海沿岸，5000—4000年前海拔2.0—2.5米的高海面也有了报导。1972年，井关对欧洲西北部进行了考察，根据公元前1500年至公元1200年的敦克尔克海进，认为法国北部有高海面的可能性是大的。

2)关于日本的高海面 众所周知，日本全新世高海面的研究，始于日本东木(1926)年对关东平原贝壳堤的研究。以后又有贝壳堤中土器形式和贝类的详细研究。1968年，和岛等人根据地形学，微古生物学的研究，正确的掌握了最大海进的年代和高度。目前，在日本一般都认为有比现在高2—5米的高海面存在，其时代大约在6000—5000年前。相反，如同在1)中所提到的在外国，除去某些例子以外，年代都较新，在5000—3000年前。而且比这更新的例子很多。也就是说，6000年前的高海面—震荡类型曲线平均在现海平面下2.5米；低海面—震荡类型曲线和平滑曲线平均在海平面下9米。如果以日本6000年前的高海面为海拔5米，则日本与外国海平面的高差，高海面—震荡型是8.5米，低海面—震荡型和平滑型是15米。即使把由于技术的原因而产生的误差也考虑在内，这样的差值也太大了。这样的误差在断代方面也可能是有问题的。铃木(1976年)比较了外国测定的 C^{14} 和年轮的关系以及从日本同一遗迹中获得的 C^{14} 与裂变径迹年代的关系后指出，即使相同年代的资料(如6000年前)，日本的 C^{14} 年代较老，外国的则较新。最近有人用年轮学和另外的绝对年代测定法来修正 C^{14} 年代，日本的 C^{14} 年代学测定，也望慎重的考虑。

3)否定论 与上述高海面相反，以美国和欧洲的研究者为中心，主张现海面就是最高海平面，特别是对这个高海面有兴趣的谢泼德等人，为了确定古典的戴利岸线存在与否，亲自到加罗林群岛、马绍尔群岛进行了调查，得出了全新世不存在比现在高的海面的结论。而且，以戴利为首的许多研究者所确认的上升珊瑚礁是由暴浪打上去的，并不是当地的，以外被解释成为由于地壳变动而隆起，另外，从 Th^{230}/U^{238} 和 U^{234}/U^{238} 测定结果中看，此高海面应该是在更新世形成，以上述种种理由否定了太平洋珊瑚礁地区的高海面。

4)个人看法 对于高海面问题，无论的风激海岸的承认，还是由于局部地区地壳变动而产生的差异，很多参与了更新世的高海面。但是，若尽可能地把这些影响排除掉仅仅提取海面资料，则既有现在是最高海平面的地区，也有全新世某个时期为最高海平面的地区，并且它们之间在地域分布上是有差异的(图5)。这样广泛的地区差异，近年来已被美国、加拿大、澳大利亚等国的学者用地壳均衡的理论来研究完成。图5可以用沃尔科特(Walcott, 1972)所绘示的变动区来说明。比如英国北部、斯堪的那维亚半岛、劳伦古陆、巴塔哥尼亚高地等大陆冰川复盖的地区，现在正在隆起，当然有高海面存在。美国、欧洲等一部分地区，以现在的海平面为高海平面的地区，是大陆冰川的边缘地区，该地区受冰川性的地壳均衡的影响正在沉降着。另外，在这二种变动区以外的地区，

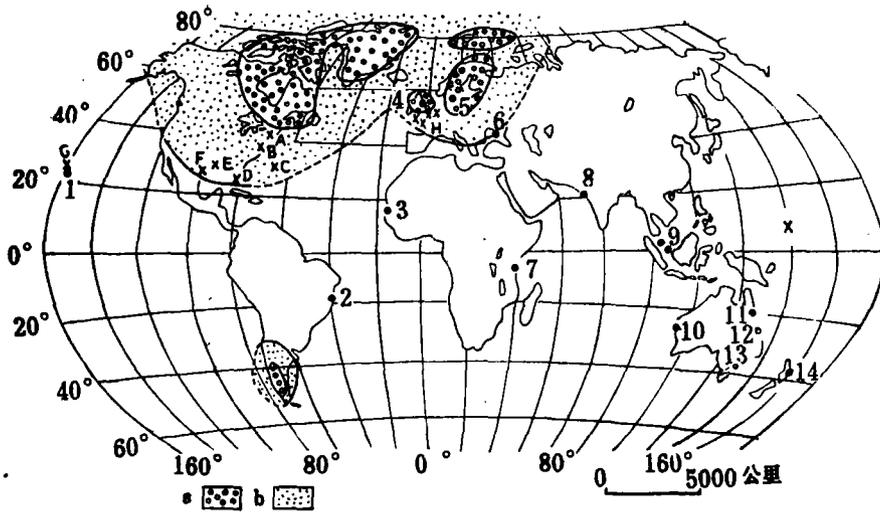


图5 全新世高海面两种类型的分布

·比现在高的高海面出现地点 a 伴随着冰后期冰川性地壳均衡回复而隆起的地区
 ×以现在海平面为最高海平面的地点 b 冰缘地区伴随着冰川地壳均衡恢复而沉降的地区

由于海水性地壳均衡,海岸倾动隆起,所以也有高海面存在。在全新世高海面中,如果由于地壳均衡而产生数米高度的变动,那么在局部没有变动的地区,把原来的旧海平面的高度看作仅仅是海面升降的反映的以往的看法是不能成立的。今后,应掌握住每个地区地壳均衡变动的“量”的问题。

III 震荡曲线还是平滑曲线

1)各地的震荡曲线 在费尔布里奇曲线中,震荡要素占着重要的位置,一万年以来,上下震荡在10次以上,新西兰4000年以来有7次,毛里塔尼亚6500—2000年前中有三次以上。后者与南亚的变动倾向相类似。另外在美国墨西哥湾,虽然柯雷(Curray)认为20000年前至9000年前中上下震动了3次,但自9000年前以来变成了平滑曲线,或者近似于平滑曲线。欧洲,虽然从来都被认为是平滑曲线,但是近年来震动曲线的报道也越多了。由于穆尔纳尔(Morner)曲线在冰河性地壳均衡倾动隆起的瑞典南部被描述过,所以全新世的旧岸线几乎都在陆地上,可以清楚的观察。由于曲线排除了隆起量,所以连细微的震荡也看出来了。特斯(Ters,1973)在法国大西洋沿岸,从钻孔岩蕊分析和160个以上贝化石的 C^{14} 年代测定中得出了8000年以来震荡了12次、振幅5—10米的曲线。图利(Tooley)曲线,是在英格兰岛西北,根据约25个泥炭的 C^{14} 年代测定资料而描绘的,9200年前以来有10次以上的震动,其东北—东部也得到了支持这个结果的证据。

震荡运动的支持者,主要根据有二:一是发现各个地区单独描绘的曲线可与特斯费尔布里奇和穆尔纳尔曲线相对比似的,在细微的震荡方面,其倾向是一致的;二是对冰川消长有作用的气候变化与海平面变动是对应的。最近,在格陵兰岛做了氧的同位素变

表 A 高海平面——震动类型

作者	时代间隔 千年前	地 区		方 法		放射性碳年令		最高海平面		6 千年前 最高海平 面(米)		
		采样地点	地形	地壳运动潮差(米)	海平面	时 代	年 龄	样 品	1 千年前(米)		高 程(米)	
费尔布里奇(1961)	0—20	世界	海岸平原 珊瑚礁	—	—	钻孔, 水下地形	C	770	P, W, S等	45.—6	+ 5	○
穆尔纳尔(1969) (1970)	0—15	瑞典西部海岸	阶地, 水下地形	—	△	钻孔, 海滩脊	C	111	S, 骨头Od	3.5	+0.4	—4
德利布赖斯和吉利厄(1971)	0—7	法国大西洋和北海海岸	—	—	○	钻孔, 挖泥	C, A	50	P, S	1.5	+ 1	—5
西森斯和布鲁克斯(1971)	4—10	苏格兰	泥质平地	—	△	钻孔	C		P	7	+14.5	+13
图利 (1974)	0—9	苏格兰西北	泻湖, 潮汐平原	—	×	钻孔, 露头	C	25	P	1.6	+1.4	—3.5
贾丁 (1975)	1.8—9.4	苏格兰西南	海岸平原	2.7—8.4	△	"	C	30	P, W, S, Od	4	+4.15	+2.5
费多罗伊(1972)	0—15	黑海	—	—	—	下降海岸线	C, A	—	—	4—5	+215	○
爱因塞莱(1974)	2—16	毛里塔尼亚	海岸平原	<1	○	钻孔, 露头	C	23	S	5.5	+3	+1.5
肖菲尔德 (1960)	0—4	新西兰, 泰晤士湾	千尼尔平原	—	○	千尼尔	C	7	S	3.9	+2	—
蒂吉艾 (1975)	2—6	马来半岛	珊瑚礁	—	○	露头	C	14	S, 海滩, 岩石珊瑚	5, 1—5, 4	+ 3	—
Fuji和Fuji (1969)	0—18	日本	—	—	—	钻孔, 露头	C	44	S, P, Od	6	+5—+6	+5—+6

表C

平原类型

作者	时代 千年前	地		地壳运动	潮差(米)	方 海平面	法 时代	放射性碳 年龄	样品	最高海平面 (米)
		采样地点	地形							
布卢姆和斯图伊维尔 (1963)	0—11	美国康尼狄格	潮汐沼泽	0	—	钻孔 蚀崖	C	16	P	—11
谢泼德 (1964)	0—20	美国东部、墨西哥湾、荷兰	海岸平原	0	—	钻孔	C	>80	P	—10
科尔曼和史密斯(1964)	0—7	路易斯安那西北	密西西比三角洲	x	<0.6	钻孔	C	13	P	—4.5
斯库平和斯图伊维尔 (1967), 斯库尔等(1969)	0—5.5	佛罗里达西北	红树林沼泽	0	<0.1	"	C	70	P, S	—4 (5.5千年前)
谢发德和柯雷(1967)	0—7	佛罗里达、得克萨斯...荷兰	海岸平原	0	—	"	C	>50	—	—7
柯雷等人 (1970)	0—8	加罗林和马绍尔群岛	珊瑚礁	0	0.6—1.6	钻孔 露头	C ¹⁴ Th 230	—	珊瑚	—14
布卢姆 (1970)	0—7	"	"	x	1	钻孔	C	7	P	—5
克拉夫特 (1971)	0—1	特拉华(美)	砂嘴泻湖	x	0.6—1.8	"	C	27	W, P, S	—13
纵曼 (1971)	0—9.2	百慕大	—	—	—	"	C	27	P	—9.4
伊斯顿和奥尔森(1976)	0—7	夏威夷, 瓦胡岛	珊瑚礁	—	0.6	"	C	48	珊瑚类, 海藻 岩面	—7.8
杰利格尔斯马 乔恩(1971)	0—10	荷兰	海岸平原	○	—	"	C	50	P	—8
霍金斯 (1971)	0—9	英布里斯托尔海峡	海岸平原 河口	—	1.25	"	C, A	27	P	—10
基阿森和海沃斯(1973)	0—11	"	潮汐平地	x	<12	"	C, A	27	P	—4

化，并且还将其与深海底岩蕊心分析而得出的浮游有孔虫的频度分布进行对比。问题的关键是海平面变动，及对其有直接影响的冰川消长这二者之间的对应关系，另外，冰川消长与气候变化的关系等，都还有不清楚的地方。

2) 各地的平滑曲线 与上述震荡曲线相反，以美国为中心的研究者认为全新世的海平面是平缓上升的。代表性的曲线是谢泼德曲线(1964)，是从稳定地区中心—得克萨斯、佛罗里达、荷兰所获得的80多个旧海平面资料中描绘出来的。然而测点的高度不是都在平滑的曲线上，有相当的偏差，只是人为的取它们的平均值而描绘曲线了，因此当然是平滑的了。在路易安纳西南的密西西比河三角洲上，科尔曼和史密斯(Coleman和Smith)测定了13个泥炭的 C^{14} 年代，7000—3700年前的曲线是直线上升的，3700年前以来与现海平面保持着相同的位置，这个三角洲以0.24呎/100年的速度沉降着，曲线已除掉了这个沉降量。

六十年代后半期，年代测定资料增加了。尽管测的范围比较狭窄，但也获得了比较多的古海平面方面的资料。费尔布里奇在2000年前的上升期的模式地—佛罗里达西南，根据红树林湿地上约70个 C^{14} 年代测定资料，提出了从5500年前(当时的海平面高度是-4米)到现在的平滑上升的曲线，这里要注意的是应该明确从年代测定的标本中推测的古海岸线高度和年代的误差范围。在美国，这个曲线作为约5500年前以来的海平面变化模式而经常被引用着。

在欧洲，经常被引用的平滑曲线是在荷兰被杰利格尔斯马(Telgersma)所描述的曲线，虽然旧海平面的标志是堆积在更新世沉积物上面的低位泥炭，但是它是否在海面附近形成的还没有直接的证据。杰利格尔斯马认为，这个泥炭的最下部，与高潮水位的高度几乎一致的地下水位是相对应的。虽然已获得的50个资料都位于平滑曲线上，但是也有逸出的点。从法国的大西洋沿岸到北部沿岸的广大地区，所利布赖斯(Delibrias)和吉利厄(Guilhier)利用约50个旧海平面资料，描绘了10000年前以来作为一级近似的平滑曲线。从同样的资料中也可以描绘出7000年以来的比较详细的曲线，但多少具有震荡性质(图2C)。这是同一数据、但使用年代不同，因而对旧海平面高度和年代误差的看法不同的一个例子。

3) 研究表A到表C记载了对上述海平面细微振动持赞成或否定的态度的两种论点的主要依据。其中旧海平面和年代的断定，大部分取于钻孔岩蕊分析和 C^{14} 年代测定。旧海平面资料从10个到100个以上不等，另外局部地区地壳变动程度和潮差也各式各样。因此曲线的形状中看不出占主导的倾向，只是在美国，平滑曲线占压倒多数，一眼就可看出有地区的差异。然而，如图1所示，美国、欧洲以外的地区所描述的平滑曲线，也是根据美国的研究者所描绘出来的。还有在研究地点比较多的欧洲，其震动与平滑曲线，除去前边的一例外，其余是不同的研究者描绘的。总之，在美国平滑的曲线并不多。可以说，美国的研究者有把曲线描绘成平滑曲线的倾向，这与其说是使获得的资料在海岸形成史中占有一定的位置，不如说是统计学的处理倾向很强烈的缘故。考虑到以上各点，平滑曲线与震动曲线之所以有差异的原因，基本上可以说是同各研究者对获得的古海面的年代、高度如何评价有关系。主张平滑曲线的研究者占多数的欧洲，最近支持震动曲线的也增多了。可以说，整个地说来，把微小的震动是可以检测出来的，因此可以给予积

极的评价，现在正朝这个方向发展。

表B 低海面—摆动类型

作者	时代间隔 千年前	地 区				方 法		放射性碳年龄		6 千年前 高的最海 平面(米)
		采样地点	地形	地壳运动	潮差(米)	海平面	时代	年龄	样品	
德利布赖斯(1971)	0—6	布列塔尼(法)	海岸平原	○	—	钻孔	C、A	9	P	—9
特斯(1973)	0—10	法国大西洋岸	“ ” 河口	○	5—15	“ ”	C、A	160	P、W、S	—9
格林史密斯和塔克(1973)	0—9	泰晤士河口	千尼尔平原	—	—	“ ” 露头	C	11	P、S	—13
柯雷(1960、1961)	0—20	墨西哥湾西北	海岸平原大陆架	○	<0.3	钻孔控淤泥	C	12	S	—7

Cp: 海平原; Cr: 珊瑚礁; C, C¹⁴, A: 考古资料; P: 泥炭; W: 木片; S: 贝壳; od: 有机物; O: 稳定地区; △隆起地区; X: 沉降地区; B: 钻孔; O: 露头

III 结 论

对世界各地的海平面变动曲线进行对比研究的结果，提出目前应该解决的问题是前面所说的II、III两点。对于II点—地壳均衡的广泛变动有重要的作用，III点—旧海平面的年代，高度，研究者本身的评价方法，起着重要的作用。

吴忱译自《地理学评论》，1978，51卷2期 杨郁华校

气候学，它的方法和在地理科学体系中的地位

J.布吕特根

在对气候概念的形成和气候学研究进行历史评述以前，应该叙述一下气候学在地理科学体系中的现代地位。这是由于其它知识部门在气候学的发展中起了作用（纵然它们是从不同于地理学的角度来推动气候学向前发展的）。首先，这当然是指把气候学当作自己的一个部门来研究的气象学[汉恩(Hann), 1883]。同时，医学家、物理学家、天文学家等也至少在气候学的某些重要部门作过重大贡献。当然，他们都是按不同的方式来定义“气候”概念的。例如医学家把气候限制在大气状态、大气过程与人体之间的关系上。在这方面，他们与亚历山大·洪堡的是一致的，在洪堡德德《宇审》一书内，可以找到如下的定义：“最一般的意义上讲，“气候”一语的意思是指明显作用于我们器官的大气的一切变从化”。与此相反，早在1904年，地球物理学家京特(Гюнтер)就把气候学列为“地球物理学的分支”。经典气候学的创始人汉恩在19世纪末提出了与此相反的、更广泛的定