

“冰冻成卤”理论的地质意义*

GEOLOGICAL SIGNIFICANCE OF CRYBRINE THEORY

于洪军¹ 崔高嵩² 刘 选¹ 单秋美¹(¹ 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)(² 大连海军舰艇学院海测系 116018)

* “八五”期间,作者承担了国家重点科技项目——海水入侵防治试验研究,并对海水入侵成因、机理、发展趋势预测进行了系统研究,除完成项目的具体内容以外,还对地下卤水的形成原因进行了新的探索,并在最后的研究报告中,系统地提出“冰冻成卤”这一新的理论,本文将对这一新的研究成果,作进一步阐述。

1 晚更新世末期陆架环境特征

从距今 24 000 a 开始,全球气候逐渐进入最后冰期的最盛时期,大陆冰川十分发育,其范围达到 $4.4 \times 10^7 \text{ km}^2$, 占全球陆地面积的 29%, 而现代冰川仅占现代陆地面积的 11%。在现代气候条件下,全球沙漠的面积为 $4.7 \times 10^7 \text{ km}^2$, 约占全球陆地面积的 35%。寒冷而又干旱的冰期气候,使世界的沙漠范围得到充分的扩展,许多沙漠学家认为,当时沙漠的范围相当于大陆面积的 50%。所以在最后冰期时期,全球的冰川与沙漠的面积,大约相当于全球陆地面积的 80%, 表明冰期时的全球环境是异常恶劣。十分明显,最后冰期时出露了的陆架,自然成为全球沙漠的扩展区之一。

在这种环境背景之下,那时的渤海、黄海和部分东海陆架区都成为亚洲大陆的一部分。由松散沉积组成的陆架出露区,又处于多种路径来的寒潮的共同通道。最后冰期时,中国陆架与北大西洋两侧的陆架环境明显不同,前者主要处在古冬季风的作用之下(即频繁的寒潮作用之下),对陆架区的松散沉积不断地进行吹蚀、改造,使部分原先形成的海相地层发生解体,并相应地产生一系列衍生沉积体系。不论从西北还是从北方来的寒流,都要经过渤海和黄海陆架,使那里的风蚀作用特别明显,同时也给那里带来异常寒冷的气候环境;在最后冰期时期,由于西北太平洋夏季的平均水温要降低到 29℃ 以下,已经不具备台风

形成的温度条件,或者使台风源地的范围明显地向南移动,使夏季风减弱。所以冰期海退时期,干旱而又寒冷的西北气流,就成为控制陆架环境演化的主要动力^[1,2]。

2 晚更新世末期喜冷脊椎动物化石群的分布

1971 年初,旅顺铁山公社养殖场在柏岚子东 19 km ($38^{\circ}40'N, 121^{\circ}21'E$), 水深 60 m 的海底,一个偶然的机会有用鱼网捞获一段完整的脊椎动物的骨化石,后来又在其附近发现一枚牙化石,经鉴定后,前者为披毛犀的右肱骨,后者为猛犸象牙。在大连小平岛和龙王塘也曾挖掘到猛犸象化石,时代属晚更新世晚期;在庙岛列岛的大钦岛附近的海底,发现了猛犸象的腿骨;在砣矶岛附近的海底还找到了披毛犀的肱骨;1969 年行驶在渤海的轮船从海底曾捞起没被磨损的犀牛牙齿。此外,曹家欣等 1987 年曾报道在江苏连云港的海州湾一带,距岸约 10 km 处的海底,也曾捞到披毛犀化石。新野弘曾报道,在虎皮礁附近采集到北方原始牛的下腭骨;在朝鲜海峡曾多次采集到猛犸象的牙齿;1967 年东京水产大学“海鹰”号在男女列岛附近也发现了猛犸象牙齿;1968 年早川正己等在东海海底样品中发现过陆相哺乳动物的残骸;中国科学院海洋研究所在东海 H 78 ($29^{\circ}N, 123^{\circ}E$, 水深 73 m) 岩芯 68 cm, 曾发现 3 块哺乳动物骨骼的残片,该化石层以上为全新世海侵沉积,以下为晚更新世末期的陆相沉积^[3]。1993 年在南黄海的海底拖网中,还发现了大量的脊椎动物骨骼的碎片。在朝鲜北部的潼关里(咸镜

* 国家自然科学基金资助项目 49776296 号;中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2928 号。
收稿日期:1998-05-12

北道)以及平壤市等地也有猛犸象动物群。此外,在日本的北海道和东海的男女列岛都曾采集到该类动物的化石,表明它们过去曾生活在上述地区;同时也显示最后冰期时的渤海、黄海陆架比同纬度的其他地区要冷得多。因此,最后冰期时中国东部的冰缘环境,可以到达长江下游一带。另外,从台湾海峡打捞到古菱齿象化石,有完整的上颌骨,重约 25 kg,长 20 cm,宽 9 cm,保存左右第一、第三上臼齿,过去生长于华北一带,这种北方动物是在冰期期间,气候寒冷而南迁至台湾海峡的。

上述喜冷脊椎动物群的发现,进一步证明,在晚更新世末期,由于最后冰期的来临,世界气候处于冰期气候条件下,森林线下移、雪线下降、气温降低、喜冷动物群南移、世界洋面下降。那时的古渤海、黄海都已经消失,岸线迁移到东海外陆架,水深大约 130 m 的位置上。恶劣的自然环境,干旱缺水的陆架,使来自北方的披毛犀-猛犸象动物群,沿着两条路线南下,以寻找能得以生存的环境。这些来自北方的动物群,在东面沿着朝鲜半岛南下;在西面沿辽东半岛和山东半岛南移,大体上在 31°N 附近栖息下来。从它们南下的分布特征来看,这一地区恰好与古季风南下的位置相当。从脊椎动物化石的发现点来看,它们主要分布在沿岸岛屿附近,或海底礁石附近,表明那里在动物生活时期有可能存在稀疏草原环境,或者在陆架沙漠环境中,也可能存在小小的绿洲,而成为临时栖息之地。

最近,地质矿产部海洋地质研究所的刘锡清教授对青岛太平山发现的骆驼牙化石进行了研究,并经有关专家确认为骆驼化石,这种适宜于干旱环境的骆驼,竟然在青岛一带生存,进一步证明更新世期间黄海陆架曾有过漫长的干冷时期。

3 晚更新世末期的古温度

如果把猛犸象-披毛犀动物群的生存空间,确定在 0℃ 年均温等温线,那么最后冰期时,中国陆架区 0℃ 等温线有可能在 31°N 附近。目前 31°N 的年平均温度为 15℃。这样,中国陆架区在冰期最盛时期的年平均温度降幅可达 15℃。据现代温度测量资料证实,由于寒潮的活动,我国江淮地区 1 月份的气温要比同纬度的其他地区低 10~14℃,冰期时期的降低幅度显然要高于现在。根据陆架区冰期时期的自然地理特征,似乎在客观上支持了杨怀仁教授在 1958 年提出的长江下游存在古冰川现象这一过去的研究成果。

4 最后冰期时冻土带的南移

据上述最后冰期时期陆架区脊椎动物群的研究资料,可以推知当时的年平均温度至少要降低 15℃。如果“斑块状冻土”(地面以下的死冰)的分布范围以温度降低 1℃,纬度升高 1°来计算,最后冰期的斑块状冻土可到达 30°N 附近,连续冻土带的南界可能到达 33°N 以北。根据渤海、黄海和东海浅地层剖面仪的测量记录,发现上述海区都有因斑块状冻土导致的地层塌陷型结构的分布,最南部的“斑块状冻土”位于 125°E, 29°50'N,水深 60 m,厚约 12 m。这种塌陷型结构分布的南界与猛犸象的分布区相一致。

5 化石卤水的形成——冰冻成卤说的提出

寒冷的冰期气候,使冬季风的强度增强,频繁的寒潮活动,使出露的陆架平原,除了形成大面积沙漠环境以外,由于低温的环境,在陆架的边缘地区还发育了厚层的冻土分布区。由于寒潮的频繁活动,使渤、黄、东海陆架比同纬度的其他地区温度要低,再加上地形的平坦,使冻土带的分布范围,比同纬度地区更向南推移。

根据作者的研究,当冰期来临之际,冬季不断加长,夏季不断缩短,在寒冷的冰期气候条件下,海面在降低过程中,近岸地区被不断冻结起来。由于渤海、黄海陆架区处在古冬季风的通道上,温度比同纬度的其他地区要低得多。在海面降低的过程中,北方的永冻层范围在不断向南推进,甚至海水尚未退出渤海、黄海时,永冻层已经占据着该陆架区,水深较浅的内陆架区,有可能更早被冻结起来。如当渤海水深小于 5 m 时,那时的渤海有可能常年处于冰冻状态。海退后留下来的海相地层,除由于风力吹扬作用而部分发生解体之外,未发生解体的海相地层,就成为永冻层的分布区。当海相地层结冰时,首先析出的冰体由淡水组成,蒸发作用和短暂夏季的融冰过程都使淡水被排出,经多次重复后,地层中的淡水成分不断消耗,使海相地层的盐分得以保存,并不断地浓缩而成为地下卤水。在全新世海侵过程中,也是永冻层解体的过程中,这种化石卤水因比重较大,依然被保存于地层中。现代的观测资料已经证实,在现代气候条件下,渤海每年都程度不同地发生冰封现象,冰期时期出现永冻层分布区应当是正常的现象。所以中国沿海地区,大面

积永冻层的存在,一方面保护了海相地层免遭破坏,另一方面还富集了地下卤水,这就是为何在中国北方沿海地区普遍存在地下卤水的原因所在。

6 化石卤水的分布特征

从猛犸象分布范围以北,即至少相当于淮河入海口以北应当普遍存在可以开采的地下卤水。陆架中部地区沙漠化程度较高,不利于古卤水的形成与发育。辽东湾中轴线以东沙漠化程度高,海相地层已全部发生解体,不利于古卤水的富集;中轴线以西,海相地层被完好地保存起来,应当蕴藏着较丰富的卤水,便于开采。莱州湾一带位于郯庐断裂带上,海相地层较厚,富含较多的卤水,有利于开发利用,与之对应的下辽河平原,也应存在比较富集的卤水,可供开发。因此作者认为淮河入海口以北的内陆架区,应当是冰期时期

连续永冻层的分布地带;淮河入海口以南应当是不连续冻土层的分布区;在某些特殊的年份,辽阔的不连续冻土层有可能分布到台湾海峡的北端。这是因为渤海、黄海和东海陆架在冰期时期已经成为古寒潮的通道,所以要比同纬度的其他地区寒冷得多。由此可见,淮河以北(旧黄河口以北)的平原海岸,包括大部分内陆架区,可能为大范围化石卤水的连续分布区,我国南方的港湾海岸可能为化石卤水的贫乏区。

参考文献

- 1 秦蕴珊、赵松龄.中国海陆第四纪对比研究.北京:科学出版社,1991. 23~ 31
- 2 于洪军.海洋科学集刊,1995, 36: 119~ 128
- 3 赵松龄.陆架沙漠化.北京:海洋出版社,1996. 41