

# 海水中溶解有机物的化学组成

钱佐国

(山东海洋学院海洋化学系)

## 一、海水中的有机组份

海水化学组成的特点之一，是它受生物学过程的影响。海洋生物通过合成、代谢和分解作用来影响海水的化学组成，使海水获得本底有机组份。有机组份的存在使海水成份更趋复杂化，它所赋予海水的一些新的性质可以在化学物理和生物学等诸方面反映出来。有机物质影响海水的颜色和透明度，使海水具有起泡性质；吸附于海-空界面的有机微层，对于海洋表面的物理化学性质和界面性质，对物质经海-空界面的交换过程都具有直接影响；有机物质参与其他组份的物理、化学或地球化学过程；溶解态有机物在难溶矿物上的吸附作用或胶体保护作用，对某些难溶物的增溶作用或对微量金属元素的络合作用，以及悬浮有机物对金属离子的吸附浓缩作用，都直接涉及到作用物在海洋中的迁移平衡；有机物质同时又是生物学过程的活跃参与者，它们为海洋中的细菌、植物和动物提供部份能量、食物、维生素和和其他必需物，近代对海洋生产力的化学研究，其重点已从研究与无机微量养份有关的问题转移到研究海水的有机养份方面，正是这些研究部份地导致了促进生长物质和抑制生长物质的鉴定；不同状态有机物的相互转变（特别是溶解有机物向颗粒有机物的转变），是一个具重要生态学意义的研究课题，近十余年来受到广泛的重视和研究。有机物质在活物质和死物质的循环中起着纽带作用，它们可以是食物链以及分解和再生循环中各种变化的示踪物。海水中不断增加的有机污染物也引起人们的广泛重视。对海水中有机组份的研究，目前正向海洋各分支学科渗透。它不仅一直是海洋生物学研

究中的重要因素，而且近年来已成为海洋化学和有机地球化学中的一个新的分支，被称为海水有机化学 (Wangersky, 1965)。

就浓度或含量而论，有机组份在海水中并不显著，其量一般不超过总盐量的0.01%，但从分子的标度看来，海洋中有机化合物的种类却多于无机化合物；同时，有机组份虽然主要是海洋生物活动的产物，但海洋中有机物质的现存量，却比活物质高数十倍。

有机物质在海水中以不同状态存在。海洋化学家一般用孔径为0.45微米的膜过滤器来区分或收集溶解物（穿过滤器者）和颗粒物（为过滤器阻留者），因而所谓溶解有机物实际上也包括胶体级份。按照这种习惯的区分，海水中的有机物质大部份呈溶解态存在，即使在悬浮物较为丰富的海洋表层，颗粒有机物一般也只占溶解有机物的1/10左右。表1为海洋中包括活物质在内的不同形态有机物蕴藏量的大致比例（关文威，1973）。海水有机化学所涉及的内容相当广泛，本文只讨论溶解有机物的分子组成。

表1 海洋中有机物的形态组成

形 态	表 层	深 层
溶解有机物	100*	50
有机碎屑	10	2
浮游植物	2	—
细菌等	0.2	0.1
浮游动物	0.2	0.1
鱼 类	0.002	?

\* 相当于1毫克碳/升

海水中有机的低浓度和盐份的高含量，给有机物质的分析带来很大困难，这使此

研究工作一直进展缓慢。研究海水的有机元素组成已有半个世纪的历史，但至50年代才开始出现个别有机化合物的零星报道。近十余年来，由于近代物理—化学分离分析技术的逐渐应用，鉴定出的化合物不断增加。目前虽还不能对海水的有机分子组成列出完整清单，但由于它们在海洋过程中的重要性，对其知识现状作扼要讨论还是必要的。

## 二、海水中的溶解有机碳

海水中溶解有机物总量的测定，是一个至今没有得到满意解决的问题。尚未找到自海水中定量分离或直接测定总有机物的有效方法，目前一般用有机碳的测定值来表示有机物总量。有机碳平均为有机物总量的 $50 \pm 5\%$  (Скопинцев, 1971)。有机氮和有机磷的测定值有时虽能给出有机分子定性组成的某些间接指示，但它们一般不能表征有机物的总含量。

**1. 有机碳测定法简述** 海水中溶解有机碳的测定原则上是使有机物燃烧，然后用物理或化学方法测定燃烧产物二氧化碳。关键在于确定燃烧的完全性。可把现有的主要方法概括为两类：①高温燃烧法；②化学氧化法和光化学氧化法。

第一个较为满意的方法为混铬酸湿式氧化法 (Krogh和Keys, 1934)，它的改良形式目前还偶见应用。50年代有硝酸钾熔融燃烧法 (Данко和Данко, 1950) 和高温热解燃烧法 (Скопинцев и Др., 1961)，后者一直为某国家所沿用，它是使蒸干的水样作高温热解富氧燃烧，手工滴定法测定二氧化碳。60年代出现过硫酸钾湿式氧化法 (Menzel和Vacaro, 1964) 和高能紫外光氧化法 (Armstrong et al., 1966)。前者是使水样和氧化剂密封安瓿中于 $130^{\circ}\text{C}$ 下作热压处理，产物作红外吸收测定，此法曾被接受为一种快速的标准方法而广泛应用。有些工作者对此法氧化的完全性提出怀疑，并改良其中的某些操作程序和条件 (Williams, 1969; Sharp, 1973)。紫外

光氧化法便于自动分析设计 (Ehrhardt, 1969; Collins和Williams 1977)，但方法本身尚未见广泛应用；它更多地应用于测定有机氮和有机磷、估测有机束缚态无机元素和制备所谓无有机物海水等方面。

高温燃烧法在70年代又重新受到重视。在Gordon和Sutcliffe (1973) 提出的高温燃烧法中，是使水样经冷冻干燥后所剩的盐渣在一个CHN分析仪中作高温燃烧。发现测定值比湿式过硫酸钾法高一倍多，然而却与早期的高温热解燃烧法所得值颇相接近。Sharp (1973) 设计另一形式的方法，是使小体积水样直接注入燃烧管中作高温氧化，与改良的过硫酸钾法对照，发现后者的测定值仅为前者的78%。由此看来，已载入海水分析手册的标准过硫酸钾氧化法大致不能使海水中的全部有机化合物完全氧化。图1系根据不同工作者采用不同方法

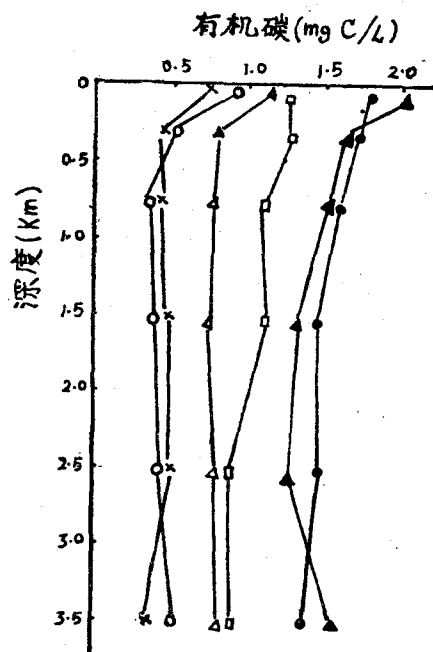


图1 按不同方法测定的西北大西洋水中溶解有机碳(或总有机碳)的浓度和垂直分布

- ×—混铬酸湿式氧化法
- 过硫酸钾湿式氧化法
- △—改良的过硫酸钾湿式氧化法
- Sharp的高温燃烧法
- ▲—Gordon和Sutcliffe的高温燃烧法
- 高温热解燃烧法

对同一大洋区的报告值绘制的,相信分析值的主要差别是由于分析方法的不同所造成。研究海水中有有机碳测定法的根本困难,在于不能得到一份能代表海水有机组份的已知含碳量的标准样品,以对方法作核校。目前文献中有关溶解有机碳(或总有机碳)的数据,大部份得自过硫酸钾氧化法,部份得自高温热解燃烧法和混铬酸氧化法,采用这些数据或将不同海区的数据作比较时,须注意到所用的测定方法。

**2. 海水中溶解有机碳的分布特征** 海水中的溶解有机物主要来自海洋内部的生物学过程,包括水柱中浮游植物光合产物的胞外代谢、浮游动物的排泄以及死亡生物体的细菌分解和酶催自溶作用,和底沉积的交换以及由陆地经河流和大气的输入亦有一些作用。在上述诸种来源中,预期它们对海水中有有机物浓度的影响大都是表层大于深层,对特定海区(如近岸区)比其他海区(如开阔大洋区)为大。溶解有机物可因同化利用和分解破坏等生物学过程以及其他物理化学过程而失去,无疑生物学过程占据支配地位。海水中溶解有机物的浓

度,将取决于上述各种过程的形成速率和输出速率之间的平衡。

海水中溶解有机碳的许多分析值表明,水柱中的浓度在0—300米左右的表层最高,在这一水层中湿式氧化法的测定值一般为0.6—1.0毫克碳/升,高温燃烧法所得的结果比之高一倍多,一般为1.5—2.0毫克碳/升。深水中的含量通常为表层水中的 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ 。表2列出若干代表性的结果。

Menzel (1974) 和Williams (1975) 曾对海水中有有机碳分布变化的大量文献作过详细述评。如果不考虑湿式氧化法和高温燃烧法所得结果之间的显著系统区别的话,则现有数据说明,溶解有机碳的浓度在不同海区或不同气候带之间并无重要的或有规则的差别。已有许多例子说明海水中溶解有机碳的相对恒定性,例如在英吉利海峡,虽然无机营养盐、颗粒有机物和叶绿素的浓度比地中海表层水中高5—10倍,但溶解有机物的浓度在两个海区却差别很小(Banoub和Williams, 1972)。

表2 不同大洋区溶解有机碳的代表性测定值 (mg/l)

大洋区	太平洋	大西洋	印度洋	北大西洋和南大西洋	东北太平洋	北大西洋
氧化方法	高温热解燃烧法			过硫酸钾湿式氧化法	过硫酸钾湿式氧化法	混铬酸湿式氧化法
深度 (m)						
0—100	1.79 (1.49—1.98)	1.72 (1.30—1.86)	1.73 (1.57—1.99)	0.8 (0.6—1.0)	0.7 (0.5—0.8)	0.6 (0.3—1.2)
100—300				0.7 (0.4—0.8)	0.6 (0.5—0.6)	0.5 (0.3—1.0)
300—1,000	1.45 (1.11—1.70)	1.53 (1.08—1.66)	1.57 (1.45—1.67)	0.5 (0.4—0.6)	0.5 (0.4—0.6)	0.4 (0.3—0.6)
1,000—2,000				0.5 (0.4—0.6)	0.5 (0.4—0.6)	0.4 (0.3—0.6)
>2,000	1.26 (1.09—1.31)	1.36 (1.13—1.50)	1.35 (1.30—1.47)	0.5 (0.4—0.6)	—	0.4 (0.3—0.6)
数据来源	Старикова (1970)			Menzel和Ryther (1968, 1970)	Holm-Hansen et al (1966)	Duursma (1961)

溶解有机碳含量的季节变化通常只见于海洋的表层，一般和生产力相关。Duursma (1961) 跟踪北海一个站位溶解有机物的季节变化，发现峰值出现于夏季和初夏，比浮游植物大量繁殖的时间约晚一个月，从而认为浓度的增加主要不是来自排泄作用，而是来自分解过程。有时有机碳的浓度和生物活动之间的关系并不十分明显，但大致与浮游植物和微生物种群两者的盛衰时期相关。当这些种群同时增加时，海水中溶解有机物的生产和分解都迅速进行，反之当有机物质分解者的生产出现停滞现象时，溶解有机物即在海水中积累，这种情况最容易出现于浮游植物生产突然暴发时。在开阔大洋区，溶解有机碳的浓度与初级生产力的相关性较小，有时事实上呈相反的关系 (Menzel 和 Ryther, 1970)，在秘鲁岸外上升流区和印度洋都观察到这种情况。因而可以认为溶解有机物的分解、同化利用和吸附损失等移除过程因盛行生长的浮游植物、细菌种群和大量颗粒物的存在而受益；已知固体表面有利于异养微生物对作用物的分解破坏，且植物胞外排泄物对光合碳的百分比与光合作用的速率成反比。目前尚不完全掌握调节或控制溶解有机物生产速率和积累速率的生态环境。曾对加利福尼亚岸外水中溶解有机碳的含量变化进行跟踪，观察到由于鞭毛藻大量繁殖而致溶解有机碳增加，但未见规则的季节变化出现 (Holmes et al., 1967)；Strickland 等 (1970) 在离岸3—6海里的表层水中作浮游植物调查时指出，溶解有机碳含量和叶绿素 a 及生产力的相关性很少。新形成的有机物质的矿化速率，将随温度和行分解作用的生物状况而变化。根据 Menzel 的看法，一般的情况是，由于生产突然暴发而输入的新的溶解有机物，在不到一年的时间内即降低到大多数海区的级位，因此所观察到的浓度的增加只是过渡性的或暂时的。表层的这些生物学因素的效应，对深海中的代谢作用影响不大。

在海洋的上层，溶解有机碳的浓度随深度的增加而减少，减少的速度随海域生产力、异

养生物和水文状况而定。在大于数百米（一般为300米左右）的深层水柱中，其浓度在任意垂直剖面中的分布是相对均匀的（图2，并参看图1和表2），无论是谁或采用何种方法，所得结果都一致表明，在数百米以下的深层没有系统的减少或增加。这是有机碳分布的一个显著特点。在深层大洋水中，溶解有机碳的浓度一般与其表层的浓度和有机生产量的关系不大，至今没有一种简单机制能说明深海中溶解有机物的浓度和分布与真光层中生产、利用和分解作用之间的关系。许多工作者曾研究深海中有机碳分布与其他参数之间的关系，Menzel (1974) 在评论这些有关文献时指出，深海中溶解有机碳可能的地理或季节波动，不容易与可鉴认的物理过程和生物学过程联系起来。

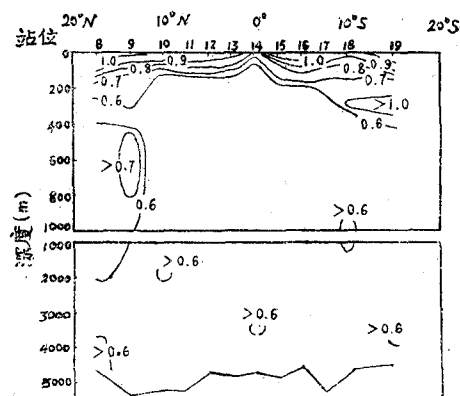


图2 溶解有机碳在热带太平洋(沿155°W)的垂直分布 (Ogura, 1970)

溶解有机物在深水中垂直分布的均匀性表明，深水中有机物质的主要部份能够抵抗矿化作用，即在生物化学方面具有稳定性。如果在深水中发生有意义的周转，应能测出浓度的系统变化或梯度存在。按 Menzel 和 Ryther (1970) 的推论，海洋中包括生产、分解和增溶等过程的整个生物化学循环，似仅发生于一般不超过200—300米的上层。深水中溶解有机物的表现稳定性，可能是由于它们在化学性质方面的惰性，也可以是由于其浓度代表细菌可能利用的低限值。但 Barber (1968) 作海水分解实

验指出, 细菌能使表层水中的部份溶解有机物发生分解, 浓度可降低至相应的深水值 (但不能低于深水值); 同时在有利于微生物的条件下对浓缩的深海有机物进行分解, 发现50天内不见浓度发生变化。根据 $^{14}\text{C}$ 测年法的测定结果, 深海中溶解有机碳的平均年龄或停留时间为3,400年 (Williams et al., 1969), 且 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-21.2—-24.4‰) 随深度、取样位置和时间变化很小, 与溶解氧、温度和其他生物学参数无关, 也与形成它们的浮游植物明显不同 (Williams, 1968; Williams和Gordon, 1970)。可以认为稳定有机物质在海洋整个垂直剖面中是相对恒定存在的, 在海洋的表层, 还有与有机生产和在短期内的消耗相关联的不稳定有机物质存在。

### 三、海水中的溶解态有机化合物

1. 碳水化合物 海洋中的溶解态碳水化合物主要来自表层水中浮游植物的光合作用, 海水中糖的含量能提供光合生产量的某种指示。总溶解糖的含量大都用比色法测得, 它的根据是酸性降解产物和显色试剂形成有色化合物。由于结合糖在酸性环境下发生水解, 这类方法不能分别测定游离糖和结合糖。最近, Johnson和Sieburth (1977) 提出用氢硼化钠来还原海水中的单糖, 所产生的糖醇以过碘酸

氧化, 然后测定氧化形成的甲醛; 由于整个分析处理过程中多聚糖不发生水解, 因而能测定天然海水中的单糖 (和糖醇), 从而能分别测定单糖、聚合糖和总糖。在个别糖的测定中, 除化学方法外, 还广泛采用微生物法和生物化学法, Williams (1975) 对这些方法作过综述。但研究较多的仅限于葡萄糖。Burney和Sieburth (1977) 曾将海水中碳水化合物的已有文献值罗列成表。现在来看, 似乎还不能无保留地相信早期的某些高浓度报告值。例如在墨西哥湾海水中曾鉴定出去氢抗坏血酸, 并分离得以配糖物形式存在的鼠李糖, 据称浓度高达0.1克/升。近十余年来对太平洋、大西洋和印度洋一些海区的分析表明, 总溶解糖的浓度范围值一般为200—600微克/升。表3为一些代表性的测定值。

海水中的溶解糖主要为五碳糖和六碳糖, 后者占优势。例如从瑞典岸外表层水中测得下列单糖 (以丰度为序): 葡萄糖、半乳糖、甘露糖、鼠李糖、果糖、阿戊糖、核糖和木糖。单糖总浓度为156微克/升 (Josefsson, 1970)。海水中结合糖的浓度一般高于游离糖, 例如从南加利福尼亚岸外表层水中测得游离糖和结合糖的含量分别为4.2微克/升和467.9微克/升 (Degens et al., 1963)。

测定过海水中某些个别糖的浓度 (表3), 因其参与短期生化循环, 浓度变化很大是不足为奇的。按可能作出的判断, 正常情况下个别

表3\* 海水中碳水化合物的浓度 ( $\mu\text{g/l}$ )

海 区	糖	取样深度 (m)	浓度范围	数 据 来 源
西北太平洋	总糖	0—5,610	90—460	半田畅彦 (1967)
印度洋	总糖	0—2,400	210—660	半田畅彦 (1966)
马尾藻海	总糖	0—2,100	200—800	Walsh和Douglas (1966)
东太平洋	半乳糖	0—3,720	1.3—5.4	Degens et al. (1964)
	甘露糖	0—3,720	2.7—17.8	Degens et al. (1964)
	葡萄糖	0—3,720	5.4—15.5	Degens et al. (1964)
西南大西洋	葡萄糖	10—100	0—60	Vaccaro和Jannasch (1966)
北大西洋	葡萄糖	0—100	0—190	Vaccaro et al. (1968)
英吉利海峡	葡萄糖	10和50	0.4—5.7	Andrew和Williams (1971)

糖的浓度一般为不可测至20微克/升。葡萄糖为研究较多的一种单糖，它容易为多种海洋细菌同化至低于8微克/升的浓度 (Degens et al., 1964)。Vaccaro等 (1968) 用酶催法和生物测定法测定大西洋不同海区葡萄糖的含量，两种方法的结果颇为一致；发现在百慕大附近海区浓度较高 (60—80微克碳/升)，在非洲岸外较低 (5—25微克碳/升)，在 30°W—36°W 海区不可测；多数站位的浓度随深度增加而减小，50米和100米深处的浓度平均分别为10米深处的69%和43%。

图3说明二氧化碳、碳水化合物及其代谢物之间的循环关系 (Walsh, 1965)。此图已被霍恩引入他的专著“海洋化学”一书 (中译本1976年已出版)，但须注意图中未示出碳水化合物或其代谢中间产物的其他可能来源：食物链其他营养阶层的动物体的排泄作用和死亡动物体的腐败作用；此外，碳水化合物及其代谢物也可随气泡丢失于大气中，或因气泡作用形成有机聚集体而失去。

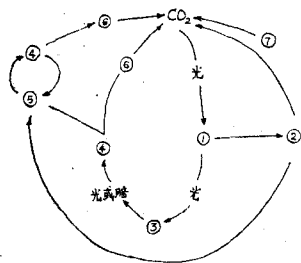
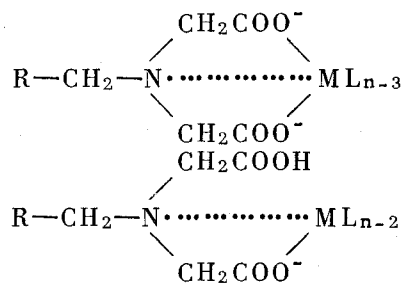


图3 海水中二氧化碳、碳水化合物及其代谢物之间的循环关系

- ① 光合生物对碳水化合物的细胞内固定
- ② 有机物生产者对细胞内碳水化合物的代谢
- ③ 溶解态碳水化合物的排泄
- ④ 被水生物摄取
- ⑤ 碳水化合物代谢中间产物的排泄
- ⑥ 呼吸作用
- ⑦ 有机碎屑的腐解

**2. 氨基酸和含氮有机物** 海水中氨基酸的分析一般须经脱盐或分离步骤，用色谱法测定。由于氨基酸的亲水性质，定量分离常是麻烦和困难的。Siegels和Degens (1966) 引入

配位交换吸附法，使氨基酸的分离手续得以简化，推动了海水中氨基酸的分析研究工作。它采用亚氨基乙酸系阳离子交换树脂 (RCH<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>COOH)<sub>2</sub>)，以能形成络合物的重金属离子 (Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>和Co<sup>2+</sup>等) 使之饱和，形成的金属-树脂交换剂即为氨基酸的选择吸附剂，海水通过时，氨基酸作为配位体在树脂内形成下列结构通式所示的络合物而被吸附：



(M、L和n分别表示金属离子、配位体和配位数)

用能与金属离子配位的试剂 (例如氨水) 来洗脱，树脂即可反复使用。有证据说明，游离氨基酸不仅是海洋中异养生物的重要基质，而且是海洋植物的一项可利用的氮源；由于它的活泼官能团和氮的给予体性质，在参与海洋中金属离子和其他有机组份的作用方面亦是重要的。氨基酸可作为水团的潜在示踪物 (Cindy和Bada, 1975)。

形成蛋白质的许多氨基酸均已在海水中测出。海水中的氨基酸被分为两类：游离氨基酸和结合氨基酸，后者除肽键结合的缩氨酸或蛋白质类物质外，尚包括与酚醌类等其他分子结合存在的氨基酸。一般结合氨基酸的含量比游离氨基酸为高，例如在西北太平洋水中测得结合氨基酸占全氨基酸的80% (Старикова和Яблокова, 1973)。米田义昭 (1973) 对氨基酸的文献值作过系统总结。

在开阔海区，个别氨基酸的浓度通常为 < 1—10微克/升 (Williams, 1975)，游离氨基酸的总浓度范围一般为5—90微克/升。但在近岸或高生产力海区，有时氨基酸总量可达400微克/升以上。一些典型报告值罗列于表4中。

表4 海水中溶解氨基酸的浓度 ( $\mu\text{g/l}$ )

海 区		取样深度 (m)	站 位 数	浓 度	数 据 来 源
游离氨基酸	太平洋	0—3,000	3	10.5—87.5	Rittenberg et al. (1963)
	爱尔兰海	表层水	16	4.5—31.2	Riley和Segar (1970)
	北大西洋	0—5,360	33	5.6—47.1	Pocklington (1971)
结合氨基酸	爱尔兰海	表层水	16	2.1—119.9	Riley和Segar (1970)
	西北太平洋	0—1,500	14	33—92	Kawahara和Maita (1971)
	英吉利海峡	10和50	4	20—80	Andrews和Williams (1971)

氨基酸在海水中时空变化的数据还不多。Riley和Segar(1970)曾对爱尔兰海表层水作一年多的观测,发现结合氨基酸的季节变化(2.1—120微克/升)比游离氨基酸显著(图4),按最大值出现的时间推测,主要来源似是浮游植物的胞外代谢。在北海也观察到结合氨基酸的类似变化(Bohling,1972)。Bohling(1970)对赫耳果兰岛附近表层水中的游离氨基酸作过两个月(4—5月份)的观测,见浓度有明显的时间变化,最大值(或最小值)与硝酸氮和亚硝酸氮的最小值(或最大值)相对应,但未看出与浮游植物和叶绿素含量之间的明显关系;而在英吉利海峡,半年内(3—9月份)未见表层水中游离氨基酸的明显季节变化(Andrews和Williams, 1971)。Pocklington(1971)测得北大西洋13个站位水柱中游离氨基酸的广泛数据,浓度(6—47微克/升)平均值为22微克/升,相当于溶解有机物的2%;在0—100米、100—1,000米、1,000—3,000米和3,000—5,000米不同水层中的平均含量分别为33.3微克/升、21.2微克/升、20.4微克/升和15.4微克/升。在黑海700米水柱的一次调查中,发现结合氨基酸的最大值在18米深处,18米以深较为恒定(Старикова和Коржикова, (1969)。在西北太平洋(22°00'N, 142°00'E)0—1,500米的水柱中同时测定总溶解氨基酸和无机氮,发现氨基酸最大值在100米附近,在更深水柱中逐渐减少,在1,000米附近硝酸氮最大层,氨基酸浓度仍为表层值的30%以上(Kawahara和Maita, 1971)。

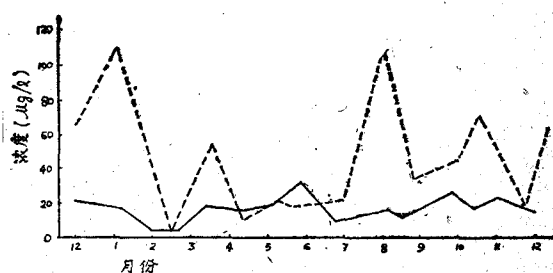


图4 爱尔兰海表层水中结合氨基酸(虚线)和游离氨基酸(实线)的周年变化(1967—1968)

在游离氨基酸中,一般以甘氨酸、丝氨酸、丙氨酸和鸟氨酸等含量较多,例如在南加利福尼亚近岸水中,发现甘氨酸、丝氨酸、丙氨酸、鸟氨酸和门冬氨酸共占游离氨基酸总量的50%以上(Clark, 1972);精氨酸在浮游生物中丰富存在,但在海水中含量极低,大致是细菌作用使之分解为鸟氨酸和尿素的缘故。在结合氨基酸中,甘氨酸、丝氨酸和丙氨酸平均分别为总量的18%、9%和9%以上;除精氨酸外,脯氨酸、酪氨酸和胱氨酸等都是含量较低的氨基酸。由于生物化学和物理—化学过程的作用,在浮游生物—碎屑—海水—沉积物体系中发生着氨基酸谱的改组或重建过程。Daumas(1976)根据近岸海水中溶解氨基酸的分布变化,提出一个氨基酸的来源和变化的图解(图5)。

除氨基酸外,在海水中还鉴定出一些其他有机氮化物,如尿素、已糖胺、核酸和核苷酸以及甲胍基羧酸等;B族维生素和水腐植质中亦含氮元素。尿素在海水中广泛存在,它不仅

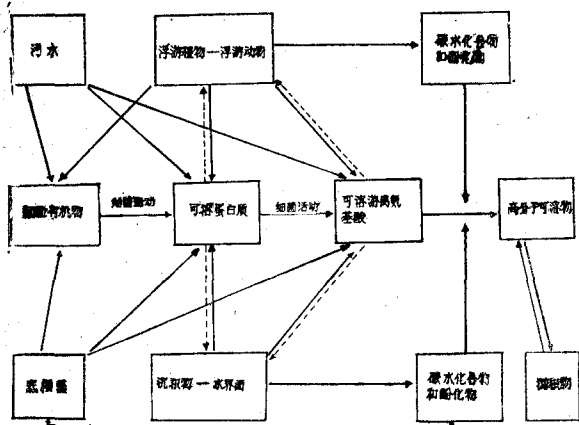


图5 海洋环境中氨基酸的来源和变化

仅是海洋动物氮代谢的最终产物，也是微生物分解氨基酸和核酸碱（嘌呤和嘧啶等）的付产物；尿素在海水中的含量可占溶解有机氮的10—20% (Mitamura, 1971)。McCarthy (1970) 报告加利福尼亚岸外水中的含量为0—0.3微克原子氮/升（偶尔可达0.8—2.5微克原子氮/升）；在秘鲁岸外陆架区表层水中为0.54—5.00微克原子氮/升（平均为2.36微克原子氮/升）(Remsen, 1971)；De Manche等(1973) 报告在阿拉斯加东南海区的含量为0.25—2.2微克原子氮/升。未发现它与其他参数的明确关系，但一般在补偿深度之下浓度较低；已有证据说明，尿素是浮游植物的一个可利用的氮源。海水中核酸和已糖胺的浓度一般不超过每升数微克（半田畅彦，1973）。已证实溶解态三磷酸腺苷在海水中存在(Azam和Hodson, 1977) 则得在近岸寡营养和富营养水中的含量分别为65—218毫微克/升和466毫微克/升，在真光层之下平均为40毫微克/升；在自然水解、胞外酶催水解和生物同化等三种可能的降解机制中，生物（细菌）同化占支配地位。

根据Degens(1970)的见解，含氮化合物（包括蛋白质和它衍生的代谢物）为海水中溶解有机物的主体，并主要以结合态存在。他根据C/N值较低、水解后仍残留有尿素、丰富的氨基酸以及有高氧含量的芳族化合物等这些事

实，认为氮和氧必包含于高分子量组份的结构稳定化之中。除缩氨酸外，还存在所谓“杂缩聚物”，其性质决定于相关有机分子的量和性质。尿素的分子结构有利于与醛反应形成长链聚合物，它的氧可用于配位。酚、醌、氨基酸和胺、糖、脂肪酸和醇以及它们的相关聚合物，都可由于氧的功能而共存于同一聚合物中，进一步的分子稳定化作用可通过金属离子的配位来实现。Degens 根据自己的数据，认为海水中溶解有机物的90%以上为分子量大于400者，其大部份分子量在3,000—5,000之间。但有证据说明，这种分子量分布的推论尚缺乏普遍适用性 (Maurer, 1976)。

**3. 类脂物** 海水中的类脂物包括多种化合物类别，一般系指为非极性或半极性有机溶剂所萃取的组份。脂肪酸、甘油酯、磷脂、蜡酯、甾族化物、脂肪醇和烃类等均包括在类脂物这一级份中。类脂物较生物物质中占优势的蛋白质和碳水化合物要稳定些，是海水中溶解有机物的主要组分之一。许多类脂物具有表面活性，容易在界面上吸附，在海洋界面过程中起着重要作用。它们比较容易自海水中萃取分离。常用萃取剂包括氯仿、石油醚、乙酸乙酯、四氯化碳、乙醚、戊烷、己烷和二氯甲烷等。Jeffrey(1966) 对几种重要溶剂的萃取效率和操作性能作过比较研究。在类脂物的分析中，广泛采用色谱法、红外光谱法和质谱法。

已在海水中测出  $C_{10}$ — $C_{22}$  长链脂肪酸的存在，包括饱和酸和不饱和酸，直链酸和单支链酸。例如，Williams (1965) 分析了东北太平洋近岸和离岸海区类脂物中的脂肪酸，发现个别脂肪酸的浓度由不可测至1.93微克/升，脂肪酸总量（以甲酯表示）为1.25—8.8微克/升，随深度和海区的变化不大，所有水样中都存在  $C_{12}$ — $C_{22}$  偶碳酸，优势脂肪酸为  $C_{14:0}$ ， $C_{16:0}$ ， $C_{16:1}$ ， $C_{18:0}$ ， $C_{18:1}$ ， $C_{18:2}$  和  $C_{20:1}$  酸，并存在少量  $C_{15}$ ， $C_{17}$  和  $C_{19}$  酸；Quinn和Wade (1972) 测得北大西洋水中总脂肪酸的含量为13—60微克/升；Treguer等 (1972)



在布列唐 (Brittang) 岸外得到类似结果, 长链 (>C<sub>10</sub>) 脂肪酸总浓度为 10—40 微克/升, 占溶解有机碳的 1%。Blumer (1970) 在巴则德湾海水的戊烷萃取液中测得 C<sub>11</sub>—C<sub>22</sub> 酸的总浓度为 19.7 微克/升 (甲酯) (表 5), 其中包括 C<sub>12</sub>—C<sub>19</sub> 的异构酸和反异构酸, 主要支链酸为 C<sub>15</sub> 和 C<sub>17</sub> 酸, 根据不同酸的比例, 认为异构酸和反异构酸部份来源于细菌。

表 5 巴则德湾水中的正构酸、异构酸和反异构酸 (其值包括饱和酸和不饱和酸, 以甲酯表示)  
总酯: 19.7 μg/l (浓度: μg/l)

碳原子数	正构酸 (饱和酸和不饱和酸)	异构酸	反异构酸
11	0.058		
12	0.84	0.0078	0.0056
13	0.089	0.0088	0.027
14	1.76	0.042	
15	0.79	0.10	0.27
16	7.28	0.069	
17	0.52	0.012	0.19
18	6.23	0.012	
19	0.077	<0.02	0.067
20	0.52		
22	0.15		

异构酸: 海水 0.49; 沉积物 1.6—2;  
反异构酸: 海洋树脂 4—8.

正构酸: 海水 22; 沉积物 3—7;  
异构酸 + 反异构酸: 海洋脂肪 50—100.

Jeffrey (1970) 提出了海水氯仿萃取液中有有机物总量和类脂组成方面的数据, 在墨西哥湾中部和西部的两个垂直剖面中, 氯仿萃取

表 6 墨西哥湾中部和西部水样的氯仿萃取液中溶解有机碳的浓度及其对总溶解有机碳的百分比

站 位	深度 (m)	类脂物浓度 (mg/l)	类脂物中的有机碳 (mgC/l)	溶解有机碳 (mgC/l)	类脂有机碳 溶解有机碳 × 100%
25°41.7' N	10	0.31	0.16	0.81	19.9
92°33.3' W	650	0.30	—	0.54	—
	2000	0.25	0.09	0.48	18.7
	3200	0.20	0.13	0.59	13.5
23°13' N	10	0.18	0.12	0.82	14.6
94°07' W	650	0.20	0.11	0.53	20.7
	2000	0.15	—	0.48	—
	3200	0.18	0.12	0.57	21.0

的类脂物总量为 0.15—0.31 毫克/升, 相当于湿式氧化法所得溶解有机碳的 13.5—21.0%, 随深度变化很小 (表 6)。浓缩氯仿萃取液, 在硅胶上吸附, 用不同溶剂作梯度洗脱而得 10 个级份 (I—X), 其中甘油一酸酯和维生素 A (VII)、色素 (VIII) 和磷脂 (IX) 含量较多, 分别为类脂物全量的 23.4%、23.2% 和 15.4%, 其次为不饱和烃 (II, 12%)、饱和烃和蜡 (I, 7.2%) 以及甘油酸酯和游离脂肪酸 (IV, 10%); 甘油二酸酯 (VI)、游离甾醇 (V)、甾醇酯和维生素 E (III) 含量较少 (各低于 2%)。在级份 IV C<sub>14</sub>—C<sub>20</sub> 的高级脂肪酸中, C<sub>18:4</sub>、C<sub>20:1</sub> 和 C<sub>20:2</sub> 酸明显比悬浮物中为多, 未检出 C<sub>20</sub> 的其他不饱和酸和 C<sub>22</sub> 系酸, 推测为细菌选择利用或在颗粒物上选择吸附所造成。发现南极洋水中的溶解有机物含类脂物较多 (40—55%), 可能与浮游生物中类脂含量高的事实相关。洋水类脂物中比其他溶解有机物含碳—13 为少。类脂组份易富集于天然表面膜中。除长链脂肪酸外, 有的工作者还从海水中检出低碳有机酸, 例如甲酸、乙酸、乳酸、乙醇酸 (Koyama 和 Thompson, 1964)、苹果酸和柠檬酸 (Crea'ch, 1955) 以及某些酚酸 (Degens et al., 1964)。乙醇酸是浮游植物的一个重要胞外代谢物。

已从海水中检出多种甾醇, 它们均来源于生物体。Gagosian (1975) 最近在西北大西洋

洋陆架区和马尾藻海水中测得甾醇的浓度为0.1—0.3微克/升,这大致接近于Saliot和Barbier (1973)的报告值(2—14微克/升),而比早期墨西哥湾的报告值低得多(Matthews和Smith, 1968)。甾醇中以C<sub>29</sub>(如β-谷甾醇)和C<sub>27</sub>(如胆甾醇)者居多。甾醇易遭氧化破坏,一般推测不能在海水中长期存在。但根据马尾藻海垂直剖面的研究,有的甾醇(如胆甾醇)在4,500米的整个水柱中都是存在的(Gagosian, 1976)。

烃类为海洋中的普通组份。除生物合成和海底渗漏或与底沉积的交换之外,海水中的烃亦得自人类活动的输入。海水中的烃类是近年来颇受重视的研究项目,部份原因是出于人们对石油污染的关注。许多烃为海洋有机物循环的稳定产物,是海洋环境化学和地球化学的重要示踪物。烃在海水中的溶解度不大,但有证据说明本底溶解有机物对其有增溶作用。各种类别的烃包括链烃(饱和烃和不饱和烃)、芳烃和脂环烃等均已在海水中测出。文献甚多,Farrington和Meyer (1975)以及Gordon (1974)等均对海水中烃的报告值及其相关化学问题作过评论。目前已有一些分子组成的知识,能对海水中不同来源的烃作出区分。根据Gordon的看法,文献中许多工作由于对取样和分析程序中的某些操作掌握不当,得到的测定值可能是过高的。例如,Barbier等(1973)从北大西洋和赤道大西洋不同垂直剖面中测得总烃的浓度范围值为10—100微克/升,分别为氯仿萃取物和溶解有机物的20%和1—5%,主要直链烃为C<sub>14</sub>—C<sub>37</sub>烃(占总烃的12%),以C<sub>27</sub>—C<sub>40</sub>烃最多,无奇/偶碳数优势;并鉴定了支链烃、芳烃和环烷烃。虽然总烃含量随水柱深度的增加略有降低,但烃的组成颇为恒定,而Gordon在西北大西洋1米和5米深处的表层水中测得总烃的平均值仅为0.8微克/升和0.4微克/升,表面微层(0—3毫米)中为20.4微克/升。近几年来已有相当多的文献指出,烃在表面微层中有明显的富集作用,这要归结于烃的低比重和亲脂性质。Parker等

(1972)曾从墨西哥湾和加勒比海测得正链烷烃的含量为0.78—1.1微克/升,优势烃为C<sub>28</sub>—C<sub>31</sub>烃,他们认为在加勒比海2,000米深处一份样品中测得的正链烷烃浓度—0.78微克/升可代表基线浓度。Blumer (1970)从近岸水的戊烷萃取液中鉴定出多个同系列的支链烃、C<sub>21</sub>不饱和烃、角鲨烯(三十碳六烯)以及朴日斯烷和植烷等类异戊二烯烃。支链烃在海水和多数海洋生物体中的含量通常比直链烃低得多(占1/100—1/10),但在石油中的比例要高得多,故支链烃是石油污染的潜在示踪剂。生物合成的链烷烃,在食物循环的许多阶段均能保持自己的稳定特性,是海洋生物地球化学的有效示踪剂,在海洋植物、动物和海水中都检出朴日斯烷就是一例。Blumer曾提出一个烃类和其他类脂物可用作环境示踪物的潜在用途表(表7)。

表7 溶解有机物作为环境示踪剂的潜在用途

化合物类别	用作示踪剂的来源
正链烷烃	海藻/沉积物/污染
支链烷烃	生物体/污染
类异戊二烯烃	浮游生物/污染
烯属烃	生物体/污染
多不饱和烃	温度和时间的潜在示踪剂
单一支链酸	温度和时间的潜在示踪剂
类异戊二烯酸	细菌/浮游生物
	浮游动物

低分子量气态烃可用汽提法捕集;已从海水中测得C<sub>1</sub>—C<sub>4</sub>烃的存在,其中C<sub>1</sub>烃(甲烷)含量较高,研究较多,它主要是海洋中厌氧微生物代谢的产物(Linnenbom和Swinnerton, 1970)。甲烷在海洋表层水中的浓度一般为4—5×10<sup>-5</sup>毫升/升左右,一般无明显的短期波动和日变化。在受污染的近岸区,浓度可高达250×10<sup>-5</sup>毫升/升;在上升流海区的表层水中含量常低于2.5×10<sup>-5</sup>毫升/升,即为不饱和环境(Seiler和Schmidt, 1974)。C<sub>2</sub>—C<sub>4</sub>烃(包括乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、正

丁烷和异丁烷) 在海水中的浓度一般为  $1-10 \times 10^{-6}$  毫升/升。甲烷具特殊的垂直分布格式, 曾测得在北大西洋5,000米、北太平洋4,000米、和墨西哥湾3,500米深处的平均浓度值分别为  $0.6 \times 10^{-5}$  毫升/升、 $0.2 \times 10^{-5}$  毫升/升和  $2.0 \times 10^{-5}$  毫升/升 (Lamontagne et al., 1972); 但在海洋的上层, 甲烷浓度随深度的增加而增加, 至50—100米深处达到最大值。甲烷在缺氧海域中的浓度特高。Wilson等 (1970) 发现海藻来源的溶解有机物受光化学分解作用能产生乙烯、丙烯和一氧化碳。

某些工作者还在海水中测出一些其他化合物, 例如低级醛酮 (Corwin, 1970)、二甲硫醚和二硫化碳 (Lovelock, 1974)、卤代甲烷衍生物 (Lovelock, 1975) 等。碘甲烷、二硫化碳和甲烷都可能由海洋向大气输出的化合物 (Liss和Slater, 1974)。

由于人类活动主要经大气输入海洋的某些顽固污染物如多氯联苯和滴滴涕及其残留物, 目前已为海洋环境中普遍存在的污染物, 它们在海水中的含量不高, 常低于1毫微克/升, 但由于其在化学和生物化学性质上的稳定性, 已受到海洋化学和生物学工作者的广泛注意和研究; Rhead (1975) 已对最近文献作过专题评论。

**4. 维生素** 海水中的某些有机化合物能控制海洋植物的生长, 但受到广泛研究的仅限于B族维生素中的维生素  $B_{12}$ 、维生素  $B_1$  和生物素。它们的浓度可用微生物鉴定法直接在海水试样中测出。大和田 (1973) 已对鉴定用的微生物以及不同海区的文献报告值作过总结。它们在海水中的浓度很低 (一般为每升若干毫微克), 但对海洋植物的生长却具有重要作用。据统计, 在被研究的215种浮游植物中, 需要维生素以维持正常生长发育者有147种 (67%), 其中要求维生素  $B_{12}$ 、维生素  $B_1$  和生物素者分别为122种 (57%)、82种 (38%) 和10种 (5%)。其他营养阶层的海洋生物亦都直接或间接地利用维生素行正常生长发育。维生素在开阔海洋中的含量比近岸海区为低, 例

如在太平洋中部表层水中测得维生素  $B_{12}$ 、维生素  $B_1$  和生物素的浓度分别为0.1毫微克/升、8.0毫微克/升和1.3毫微克/升 (Carlucci, 1970), 而在加利福尼亚沿岸水中的平均值却相应为2.9毫微克/升、15毫微克/升和3.8毫微克/升。这些值与最近在北太平洋、东中国海和日本近海的测定值基本一致 (Ohwada 和 Taga, 1972; Ohwada, 1972)。在垂直剖面中, 维生素  $B_{12}$  的最大值通常在百米以深的中间层 (见表8), 这可能与其易受光分解有关。虽然浮游植物能合成维生素, 但海洋中维生素的主要生产者还是细菌。

表8 海水中维生素的典型浓度 (Carlucci, 1970)

深度 (m)	维生素 $B_{12}$ (ng/l)	维生素 $B_1$ (ng/l)	维生素 (ng/l)
大洋水 0—100	0.1	8	1.8
200—500	4.0		
>1000	1.0		
近岸水 2	15		3.8

**5. 水腐植质** 除上述各种化合物外, 还有一些分析化学的间接证据说明, 某些金属元素 (如铜、铁、汞、锌等) 和非金属元素 (如硼、碘、砷等) 的有机结合物亦存在于海水中, 可呈络合物 (或螯合物)、共价结合物或胶体束缚形式存在, 但对它们在海水中的浓度及其在海水化学过程中的重要性目前尚无确切结论。根据现有的资料, 显然目前尚不能对海水中全部有机化合物的分子组成作定量描述, 已检出的化合物在有机物总量中只占很小的比例。表9给出东北太平洋水层中溶解有机碳的总量和已知的分子性质 (Williams, 1971), 表中氨基酸、脂肪酸和碳水化合物的数据系由不同工作者在不同时间取得的水样中测得; 但重要的是此表说明, 如不计结合糖, 则水层中被鉴定的化合物只为总有机物的10%左右。根据分解实验、碳同位素分析、有机碳的垂直分布格式及其他间接的证据, 海水中溶解有机物

表9 东北太平洋水中溶解有机物的分子性质

	“g/l (平均值)”	
	0—300m	300—3000m
总有机碳	1000	500
氨基酸 (游离的和结合的)	25	25
糖 (游离的)	10	10
脂肪酸 (游离的和结合的)	40	10
尿素 (游离的)	20	< 2
芳香族化合物 (取代酚)	1	—
维生素 (B <sub>12</sub> , B <sub>1</sub> , 生物素)	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
	Σ≈100	50
鉴定出的化合物占总碳的 %	≈ 10	10

大部份为能抵抗微生物降解或化学氧化的稳定化合物，它们被称为水腐植质 (Скопинцев, 1971) 或黄色物质 (Kalle, 1966); 它们并非简单化合物，而是一类结构未知的复杂化合物的混合物。

30年代就对这类组份作过分光观测，获知它们赋予海水以黄色 (Kalle, 1937)。早期工作重点是在研究它们在海水中分布，是按可见光蓝端的消光来测定的。曾对各种不同来源的腐植质的光学性质进行系统比较研究 (Kalle, 1966)。这些早期工作的主要成果是，得知海水中的黄色物质并不单纯是由河流搬入海洋的陆源腐植质所组成；同时观察到河流中的有机物质进入海洋时大部份都迅速沉淀析出，这种作用对河水中无机微量元素在河口近岸的行为其他物理化学过程有重要牵连 (Sholkovitz, 1976)。现有多种证据说明，海水中的黄色物质主要源于海洋，它们是排泄分解和再合成的产物。唐思齐 (1964) 和小仓纪雄 (1967) 都早期的工作做过系统总结，Duursma (1965) 对腐植质的结构及其形成的可能反应作了若干演。这里只对近期化学研究之进展略作介绍讨论。

曾用活性炭自海水中吸附有机物，以碱和醇洗脱，洗脱液在氧化铝柱上分级取得黄—棕色级份；对河口近岸、沉积物和开阔海区水作对照研究，发现它们的紫外—可见吸收光

谱明显不同 (Kerr和Quinn, 1975)。Хайлов (1968) 用界面乳液萃取法 (氯仿为溶剂) 自20升近岸海水中取得9.3毫克分子量范围为5,000—200,000和>200,000的黄色亲液高分子组份或水腐植质，其与葡聚糖凝胶有微弱的吸附作用，推断有芳香基团存在，有些行为似蛋白质，但其碱溶液酸化时无沉淀析出，故与土壤或淡水腐植质不完全相同。Sieburth和Jensen (1968) 用聚酰胺从海水和淡水中吸附黄色物质，用碱洗脱回收率达68%，根据纸色谱的研究，海水和淡水中的黄色物质并不相同。他们进而发现 (1969)，近岸区海藻能渗出大量水溶性有机组份，除酚组份或多元酚的前身化合物外，还有碳水化合物、氨基酸和蛋白质，在天然海水的pH值下，酚组份游离出多元酚，并在自然环境下与碳水化合物和有机氮化物缩聚而形成黄色物质或水腐植质，它对微生物作用是稳定的，但在溶液中将发生凝聚而形成颗粒物。

Riley和Taylor (1969) 发现一种以聚苯乙烯为基础的聚苯乙烯—二乙烯苯共聚树脂 (Amberlite XAD-2或XAD-1) 能有效吸附海水中的腐植质，研究过吸附过程的物理化学特征 (Riley和Mantoura, 1975) 和分离操作的优异条件 (Stuermer和Harvey, 1977)。这类网状多孔聚芳烃树脂的吸附作用乃是树脂表面的简单疏水键合作用。Stuermer和Harvey (1974) 用这种树脂从马尾藻海 (表层水和1,500米处的深层水) 和伍兹霍尔近岸水中回收腐植质并作化学研究。按在酸碱溶液中溶解度的差别分级而得富里酸 (FA) 和腐植酸 (HA)，FA对HA的重量比在表层水、深层水和近岸水中分别为97:3, 78:22和85:15，即腐植质的组成随水域和深度而异；已知深水中有机物质的“年龄”较老，说明水柱中可能发生着FA向HA的转化。马尾藻海表层水中FA的元素组成为C 49.98%，H 6.76%，N 6.40%，S 0.46%

和0.36.4%，氧硫含量均比海洋沉积物中的FA为低，其紫外/可见吸收高于近岸水、土壤和沉积物中的FA，暗示海水中溶解FA所含共轭生色团较少；核磁共振谱指出，石蜡系亚甲质子和与官能团毗连的质子占支配地位，少部份为芳香系质子；马尾藻海表层水FA、近岸水FA和HA的 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为-22.79‰、-23.72‰和-22.78‰，这与海洋沉积物中FA和开阔大洋水中总溶解有机物的 $\delta^{13}\text{C}$ 范围值相近，而与陆源FA的 $\delta^{13}\text{C}$ 值（-25‰—-29‰）（Nissenbaum和Kaplan, 1972）明显不同，说明陆地逕流对海水中的腐植质并无重要影响。凝胶层析法对海水中FA作分子量分级表明，大部份分布于低分子量（<700）级份中，这与海洋沉积物和土壤中FA分子量颇高的情况亦不一样。

海水中腐植质的研究不仅涉及有机地球化学循环问题，且有证据说明它们在整合微量金属和促进浮游植物生长方面亦有潜在重要性。

近几年来，由于超滤法和凝胶渗透层析法的应用，对海水中溶解有机高分子的研究日渐增多。多数研究着眼于分子量分级和不同分子量级份的性质，并对它们在海水中的来源和归宿提供参数；无疑这些研究也为水腐植质的化学提供了间接知识。例如Maurer(1976)用超滤法研究墨西哥湾水柱中的聚合物时发现，溶解有机碳的10—15%为分子量大于1,000的聚合物，但直接生物来源的碳水化合物和蛋白质只占其中的35%，推测生物学过程释放于水中的大部份低分子量有机物，将以某种方式迅速发生反应，形成与原来生物物质不同的缩聚物。小仓纪雄(1974, 1975)对西北太平洋近岸海水中溶解有机物作分子量分级和分解实验指出，低分子量级份首先被微生物所利用，溶解有机物的性质和分子量分布随分解作用的进行而变化，分解时间较长（10个月）时导致高分子量有机物比例的增加，认为是由于低分子量有机物质在细菌作用下缩聚而得，因此海水中将不断进行着不同分子量有机物的降解和合成。Wheeler(1976)的分级研究说明，溶解

有机物在254nm下的吸光度是分子量为1,000—30,000的级份所造成的。

Breger(1970)则强调聚合物胶体性质的可能作用，他根据颗粒有机物中富有含氮氨基酸和类脂物较少的事实（Parsons和Strickland, 1962），以及颗粒物吸附溶解有机物以维持生物体利用营养物的平衡之假设（Riley et al, 1965），推测有一种与蛋白质相关的平衡存在于颗粒物的生产和利用之中。随之类脂物 and 与之相关的高分子量复杂产物则应存在于溶液中或进入沉积物中，海洋中的高分子有机物多数与聚合的脂肪酸相关。它们的胶体行为可导致各种复杂的作用，例如胶体脱水收缩作用、吸附、共沉淀、絮凝作用、离子交换作用和胶体保护作用等，这些作用促成海水组份间的特殊结合。结果，在天然水中所发现的简单化合物，大部份将只是这些胶体作用的残余物。

从肥力和经受复杂有机过程的角度看来，海水和土壤具有某种类似性。研究海水本有机组份的分子组成和结构，或许要经历像研究土壤腐植质那样的艰辛过程，但这是海洋化学家在全面揭示海水化学性质及其过程的研究中不可回避的重要问题。

## 主要文献

- [1] 半田畅彦, 1967, 黑潮およびその邻接海域における溶存および浮遊物炭水化合物の分布, 日本海洋学会志, 23(3): 115—123.
- [2] 半田畅彦, 1973, 有机物, 见“海洋生化学”, 服部明彦编, 65—78, 东京大学出版会.
- [3] 关文威, 1973, 生物量, 同 [2], 79—90.
- [4] Daumas, R. A., 1976, Variations of particulate proteins and dissolved amino acids in coastal seawater, Mar. Chem., 4(3): 225—242.
- [5] Hood, D. W. (ed.), 1970, Organic matter in natural waters, Univ. Alaska.
- [6] Menzel, D. W., 1974, Primary productivity, dissolved and particulate organic matter, and the sites of oxidation of organic matter, in The Sea, vol. 5, E. D. Goldberg, ed., 659—678, Wiley-Interscience.
- [7] Riley, J. P. & G. Skirrow (eds.),

(下转第34页)

# 渔场海洋学在闽南渔场的实践

曾焕彩

(福建省水产研究所)

渔场海洋学是研究海洋科学与海洋渔业关系的一门科学。即研究海洋环境条件与海洋渔场、渔汛等关系的科学。

海洋环境与海洋渔业的关系，很早就引起了人们的关注。但是一直到50年代以后，在一些发达的沿海国家，对于海洋环境与海洋渔业关系的认识，才渐趋向现代科学技术水平。例如，日本在第二次世界大战以后，渔业部门积极开展科学研究，他们除研究海洋鱼类资源、捕捞技术、渔业机械和鱼货保鲜、加工等问题外，并注意研究海洋环境条件与海洋渔业的关系，因而大大地促进了日本海洋渔业生产的发展，使日本目前的海洋渔业产量名列前茅。

解放后，我国海洋渔业生产也有了很大的发展。海洋渔业的科学研究也有较大的进步。对于“科学捕鱼”的要求更加迫切。我们试图从科学捕鱼的角度对闽南渔场的海洋环境条件与渔场、渔汛等的关系问题进行一些探讨。

## 一、海况与渔况的关系

渔场的海洋环境条件，包括渔场的水文气象、底质地貌、海水化学、生物等因素。在海

洋渔业生产上，海洋环境条件简称海况，海洋渔业生产状况简称渔况。因此海洋环境条件与海洋渔业生产的关系，一般也简称海况与渔况的关系。关于渔场海况与渔况的关系，是通过人们长期的生产实践和科学实验逐渐认识的。在渔区，常听人们说：“海况良好，生产不错”。或说：“海况不佳，生产不好”。这种说法，有时是正确的，但有时也不然，海洋渔业生产不好，有时并非因为海况不好，而是由于资源不好，或因生产组织、捕捞技术不佳等原因造成的。反之，取得较好的生产，除有好的资源外，良好的海况条件也很重要。

## 二、闽南渔场的中上层鱼类渔业

闽南渔场为福建三大渔场之一（其他为闽东渔场，闽中渔场），位于台湾海峡南部，包括福建省南部，广东省东部和台湾省西南部的广大海域。闽南渔场也是全国重要的中上层鱼类渔场之一，年产（多年平均）中上层鱼类约65万担\*（77年约生产90万担），约占福建中上层鱼类年产量的80%，在全国中上层鱼类年产量中也占重要地位。由于捕捞技术不断改进，

（上接第33页）

- 1975, Chemical Oceanography, 2nd Edition, vol. 2-3, Academic Press.
- [8] Stuermer, D. H. & G. R. Harvey, 1977, The isolation of humic substances and alcohol-soluble organic matter from seawater, Deep-Sea Res., 24(3): 303-309.
- [9] Скопинцев, Б. А., 1971, Современные Достижения в изучении органического вещества вод океанов, Океанология, 11(6): 939-956.
- [10] Старикова, Н. Д., 1970, Закономерности

- вертикального распределения растворенного органического углерода в морских водах и грунтовых растворах морских осадков, Океанология, 10(6): 988-1000.
- [11] Старикова, Н. Д. и О. Г. Яблокова, 1973, Органическое вещество в водах северо-западной части Тихого океана (по разрезу сангарский пролив-Атом узайк), Океанология, 13(6): 1009-1014.
- [12] Хайлов, К. М., 1968, Об органических макромолекулах растворенных в морской воде, Геохимия, вып. 5, 595-603.