

物理海洋学

第 2 卷

〔日〕高野健三 川合英夫 著



科学出版社

218593

物理海洋学

第2卷

〔日〕高野健三 川合英夫 著

涂仁亮 薛金声 译
李玉瑛 王兆祥
王德文 刘玉林 校



科学出版社

1985

DU61/07

内 容 简 介

本书内容主要包括两部分，一为大洋环流，另一为黑潮和亲潮海流。

在大洋环流部分中，作者从海水的流动、大洋环流理论的基础、风成和热盐大洋环流理论及存在的问题，以及研究大洋环流的新动态、数值分析等方面，作了介绍和论述。在黑潮和亲潮海况学一编中，对黑潮和亲潮的梗概结构、细部结构、断面结构及其海流图象的类型和变迁作了介绍，并论述了对它们的研究方法，黑潮和亲潮流径的弯曲和长期变动的问题，同时还稍涉及到与水产资源研究的关系。

本书可供从事海洋水文气象、海洋生物、水产等教学和科研人员及高等学校有关专业学生参考。

海洋科学基础讲座 2

高野健三 川合英夫 著

海洋物理 II

东海大学出版会，1970

物 理 海 洋 学

第 2 卷

【日】高野健三 川合英夫 著

徐仁亮 薛金声 译

李玉琰 王兆祥 译

王德文 刘玉林 校

责任编辑 赵徐懿

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1985 年 6 月第 一 版

开本：787×1092 1/32

1985 年 6 月第一次印刷

印张：11 1/4

印数：0001—1,500

字数：251,000

统一书号：13031·2866

本社书号：3991·13-17

定 价：2.65 元

译 者 的 话

本书为日本东海大学编辑出版的《海洋科学基础讲座》第2卷——“物理海洋学”之二(原书名为“海洋物理 II”)。其内容,基本上是以海洋环流现象为中心,论述了世界海洋范围内海流的生成及变化,同时还专门阐述了在日本邻近而与之有密切关系的知名暖流——黑潮与著名寒流——亲潮这两支海流状况。在记述方式上,着重于先通过对现象的描述及分析,而后给以理论上的阐明及论证。书中所描述及分析的现象,包括了各个方面,在理论的阐明及论证上,也包罗了当时及以前的有关海洋环流的各种重要理论。当然也还有一些海流现象及理论,甚少或未曾论及,例如有关升降流、赤道地区海流、南极环极流、海峡海流、河口及大陆架海流、中尺度涡等。

该书一方面对经过选择的内容,基本上能做到在现象的叙述上力求简明扼要,在理论的论证上力求浅显易懂,因而深入浅出地通过理论阐明现象本质,在同类型书籍中还是写得比较有特色和长处的。例如为了要阐明海面稳定无升降,便先提出一种推测,认为在海面附近,除了地转流之外还应另有一种流动存在,因为单纯的地转流,会由于辐散或辐合而导致海面不稳定的升降,但如果另一种流动所产生的辐散或辐合,恰好与地转流相抵销,就不会出现海面不稳定的升降了,这种另外的流动,便是客观存在的风生漂流。就这样,作者通过对地转流的阐述引进了漂流的概念。

作为此书的另一特色,是对黑潮及亲潮这两支典型的海流设专篇加以论述,这对我国大陆边缘地区也多少受黑潮影

响的事实来说,也是不无裨益的。该书对这两支海流的描述是比较全面、比较细致的,除了分别对它们的大面及断面结构进行分析外,对海流弯曲及变动也都给以着重说明。此外还引进了气候海洋学的及综观的研究方法,并提出了渔业水文学的发展问题。诚然,设专篇探讨黑潮及亲潮有其重要性,但叙述过于详尽也没有太多必要。

总的说来,这本书对海洋环流的论述能兼顾到现象与本质,而且理论密切联系实际,是一本较好的海流理论书籍。书中个别有差错的地方,译者已作了改正。

本书译稿承山东海洋学院景振华副教授及国家海洋局第一海洋研究所王宗山同志从专业技术方面对全书进行了审订,对此,译者深表谢意。

由于译者水平所限,书中错误及不当之处在所难免,恳请读者不吝指正。

1980年12月于青岛

序 言

当前开发海洋的呼声响彻国内外。

海洋占据着地球面积的三分之二，蕴藏在海洋中的能源、食物资源、矿产资源的数量大得惊人。因而，为了人类的繁荣，呼吁向海洋进军实为十分正确的主张。尤以日本来讲，国土狭小，四面环海，海洋的开发利用更是个刻不容缓的问题。

资源开发、改造和利用自然，只有靠摸清大自然的规律，并巧妙地运用这一规律才能实现。开发海洋亦不例外。开发海洋的呼声越迫切，就越需要充实海洋学的基础知识。这便是筹办本讲座的首要宗旨。

在日本，近代海洋学问世以来已经过了约半个世纪之久。在这几十年的时间里，积累了大量的资料，日本关于海洋学的研究，在世界上已经达到了相当高的水平。然而，虽有须田皖次先生本世纪二十年代著的《海洋科学》，及数位先辈写的海洋学教科书，却尚无一本总括取得了惊人进展的海洋学全貌的日文现代海洋学著作。筹办本讲座的另一个目的即在于此。

目前，海洋学的体系，还不能说已完全确立下来了。科学的许多领域都与海洋相关。所以，本讲座的章节结构中难免出现遗漏的地方及研讨粗细不周之处。此类问题我们希望能通过今后的增补修订逐步改进。

筹划出版本讲座是在 1968 年春。蒙许多读者期待本书出版，而刊行却很不及时，这都只能是编辑委员会的责任，在此谨表歉意。此次刊行之际，承蒙东海大学出版会加藤千曼树、中阵隆夫两氏不吝珠玉，惠以大力支援，谨此深致谢礼。

海洋科学基础讲座编委会

1970 年 8 月 15 日

目 录

第一编 大洋环流

高野健三

第 1 章 海水的流动	(2)
1.1 海流的实况	(2)
1.1.1 大洋环流和海流	(2)
1.1.2 海流的定义	(3)
1.1.3 海流的分布	(4)
1.1.4 海流的变化	(6)
1.2 力的平衡	(10)
1.2.1 科氏力	(10)
1.2.2 惯性振动	(14)
1.2.3 地转流	(16)
1.2.4 地转流近似	(19)
1.3 求流速的方法	(20)
1.3.1 根据密度分布求流速的方法	(20)
1.3.2 使用海流计测定流速的方法	(22)
1.3.3 用海流计测定的速度和地转流速度	(26)
1.3.4 新的观测方法	(31)
1.4 海流的成因	(36)
1.4.1 热量	(36)
1.4.2 盐度	(44)
1.4.3 风应力	(49)
1.4.4 其它方面	(51)
第 2 章 大洋环流的理论基础	(52)
2.1 基础方程式	(52)

2.1.1	球坐标和直角坐标	(52)
2.1.2	运动方程式	(53)
2.1.3	连续方程式	(57)
2.1.4	状态方程式	(59)
2.2	由基础方程式容易得出的几个关系式	(60)
2.2.1	再论地转流	(60)
2.2.2	漂流	(63)
2.2.3	地转流、漂流的辐散与辐合	(67)
2.2.4	准地转流	(71)
2.3	早期大洋环流理论	(73)
2.3.1	流速的垂直积分(体积输送)	(73)
2.3.2	风生大洋环流的线性理论	(77)
2.3.3	理论计算和观测结果的比较	(84)
2.3.4	对早期大洋环流理论的几点补充	(86)
2.4	大洋环流理论的发展	(87)
2.4.1	风生大洋环流理论的缺陷	(87)
2.4.2	多层模型	(94)
2.4.3	海流的弯曲	(96)
2.4.4	大洋环流的长期变动	(100)
第3章	三度空间的大洋环流	(104)
3.1	对三度空间大洋环流理论的探讨	(104)
3.1.1	新动态	(104)
3.1.2	热盐环流	(104)
3.1.3	热盐环流理论的起源	(106)
3.2	深层水温等的分布	(107)
3.2.1	盐度的水平分布	(107)
3.2.2	水温的水平分布	(109)
3.2.3	氧的水平分布	(109)
3.2.4	流的速度	(110)
3.3	深层大洋环流的模型	(111)
3.3.1	模拟实验	(111)

3.3.2	涌升、沉降产生的环流	(112)
3.3.3	深层大洋环流的强度	(113)
3.3.4	海冰	(115)
3.4	水温等的垂直分布和涌升	(116)
3.4.1	水温的垂直分布	(116)
3.4.2	^{14}C 的垂直分布	(116)
3.4.3	^{226}Ra 的垂直分布	(117)
3.4.4	氧的垂直分布	(117)
第4章	数值分析	(119)
4.1	数值分析	(119)
4.1.1	数值分析的涵义	(119)
4.1.2	计算原理	(119)
4.1.3	计算方法	(119)
4.1.4	数值分析的优点	(120)
4.2	大洋环流的数值分析	(121)
4.2.1	正压成分	(121)
4.2.2	热量产生的大洋环流	(122)
4.2.3	由热量和风的作用产生的大洋环流	(122)
4.2.4	数值分析的进展	(122)
4.3	海-气相互作用	(124)
4.3.1	相互作用	(124)
4.3.2	海冰的作用	(125)
4.3.3	大气、大洋环流	(126)
4.3.4	季节变化	(127)
4.4	研究大洋环流的目的	(128)
4.4.1	海流的变动	(128)
4.4.2	海况预报和长期预报	(129)
4.4.3	环境保护和环境改造	(129)
4.4.4	水团分析	(130)
结束语		(130)

参考文献	(132)
------	-------

第二编 黑潮和亲潮的海况学

川合英夫

第1章 海况学的综合分析方法	(140)
1.1 海洋及海洋科学所具有的特殊条件	(140)
1.2 探险方法	(142)
1.3 气候海洋学方法	(142)
1.4 天气海洋学方法	(143)
1.5 两种方法和现象尺度的关系	(145)
第2章 黑潮和亲潮的结构及名称	(147)
2.1 黑潮和亲潮的梗概结构	(147)
2.1.1 黑潮和亲潮所包含的海流和海水的双重意义	(147)
2.1.2 黑潮流系和亲潮流系	(149)
2.1.3 海域的划分	(153)
2.2 细部结构	(154)
2.2.1 主要的锋和水域	(154)
2.2.2 次黑潮锋	(157)
2.2.3 暖核	(158)
2.2.4 内侧低温带、外侧低温带和冷核	(159)
2.2.5 亲潮第一和亲潮第二入侵	(162)
2.2.6 津轻暖流	(163)
2.2.7 扰动水域和涡	(163)
2.3 断面结构	(165)
2.3.1 断面的位置和作图方法	(165)
2.3.2 海面流速	(167)
2.3.3 流速断面	(169)
2.3.4 δ_T (热比容偏差)断面	(175)
2.3.5 水温断面	(176)
2.3.6 盐度断面	(179)

2.3.7	含氧量断面	(180)
第3章	黑潮和亲潮海流形态的演变	(182)
3.1	相互交织型	(183)
3.2	树枝状分流型	(184)
3.3	伴有条带和涡流的双锋型	(188)
3.4	湍流分离型	(191)
3.5	缠结的蔓藤花纹图案	(193)
3.6	变形多支海流	(194)
第4章	气候海洋学方法	(197)
4.1	海水特性	(199)
4.1.1	北太平洋热带水	(201)
4.1.2	北太平洋副热带型水	(202)
4.1.3	西北太平洋中央水	(206)
4.1.4	原始亲潮水	(210)
4.1.5	北太平洋中层水和冷间水	(213)
4.1.6	T-S 关系的比较	(215)
4.2	季节变化	(220)
4.2.1	海面水温	(220)
4.2.2	四个水柱的温、盐结构	(225)
4.2.3	暖核的水温	(235)
4.2.4	流速和流量	(236)
4.3	流轴和锋的水温指标	(237)
4.3.1	黑潮流轴的水温指标和流速	(239)
4.3.2	亲潮锋和对马暖流轴的水温指标	(246)
第5章	综观方法	(249)
5.1	综观方法的情报体系	(249)
5.2	时空观测点的布设方法(观测时间差无关紧要时)	(251)
5.2.1	Fofonoff 基准	(251)
5.2.2	观测层深度的选定	(252)
5.2.3	平面上观测点的布设	(252)

5.2.4	时间间隔和空间间隔的关系——稳定计算理论	(260)
5.3	时空观测点的配置方法(观测时间差影响大局时) ...	(263)
5.3.1	移动速度	(263)
5.3.2	同时性条件	(267)
5.3.3	观测点的取舍	(269)
5.3.4	调查船行进方向的确定	(270)
5.3.5	时间间隔和空间间隔的关系	(273)
5.4	水平移动速度的计算——短期变动	(277)
5.4.1	国际地球物理年(IGY)黑潮锋调查	(277)
5.4.2	大型暖水块的分离过程	(280)
5.4.3	水平移动速度的计算概要	(286)
5.5	超短期变动现象	(287)
第6章	黑潮流径的弯曲和长期变动	(289)
6.1	东海	(289)
6.2	日本以南海区	(292)
6.2.1	冬季的黑潮流径在都井岬东南海域的离岸情况	(292)
6.2.2	本州南部沿岸冷水块的类型	(296)
6.2.3	冷水块生成说——弯曲东迁	(302)
6.2.4	冷水块生成说——中层水上浮	(304)
6.2.5	流速的长期变动同弯曲的关系	(307)
6.3	日本东北海区	(309)
6.3.1	黑潮流径的弯曲	(309)
6.3.2	黑潮延续体在日本近海区域的长期变动	(312)
6.3.3	黑潮延续体在外洋区域的长期变动	(316)
6.3.4	黑潮水域和亲潮水域的变动	(316)
6.4	北太平洋海流过渡区域	(317)
6.5	黑潮流轴位置的等级划分	(323)
第7章	结论——通向渔业水文学的桥梁	(327)

7.1 水产研究的两个发展方向和环境研究的作用	(327)
7.2 对海洋生物、非生物环境的各种确定方法	(329)
7.3 为什么必须把海洋环境作为结构环境来研究	(330)
参考文献.....	(334)

第一编 大洋环流

高野健三



第1章 海水的流动

1.1 海流的实况

1.1.1 大洋环流和海流

所谓“大洋环流”，系指海水及海水中的各种物理量和化学量循环于世界大洋，或者至少循环于诸如太平洋或大西洋那样广阔范围内的一种自然现象。通常，日本海的海水运动不能称为大洋环流。这是因为日本海的范围过小之故。潮汐和潮流虽然也都是遍及全世界海水中的—种大规模的自然现象，但它们均不属于大洋环流。这是由于在潮汐和潮流中，物质并不在广阔范围内作循环流动的缘故。

在海水的物理量和化学量中，最为人们所熟悉的是动量、热量和盐度，其次是含氧量和二氧化碳，但由于含氧量和二氧化碳的分布受生物活动的强烈支配，所以，这二个要素在海水中的状况，比起盐度和热量来要复杂得多，迄今，有许多情况还不十分清楚。因此，现在所说的大洋环流，主要是指海水的循环和热量的循环。为什么人们不太重视密度*的情况呢？这是因为如后所述，海水循环虽然与海水密度的分布密切相关，但只要根据海水的温度（亦即热量）就可以大致地确定海水的密度。

海水既沿水平方向，也沿垂直方向运动，在循环于广阔空间的大洋环流中，最为引人注目的现象就是海流。构成大洋

* 原书误为盐度。——译者注

环流的主要部分就是海流，只要把海洋中的各条海流连贯起来，就组成了大洋环流的体系。由于热量和盐分依靠海流来输送，所以可以说，热量和盐分的循环也是在这一体系的基础之上形成的。

1.1.2 海流的定义

那么，究竟如何给海流下一定义呢？下面有几种简要的解释：

(1) “海水通常大体沿一定的方向流动，水质点一旦流过某一地点后，就绝不会再回到原来的地点”；(2) “海水从一个地方向另一个地方作连续流动的一种现象”；(3) “具有大致恒定速度的海水的流动”；(4) “海水流动时，像河流一样总是按同一方向呈带状连续流动，这就是海流”；(5) “在一个长时期内沿一定方向输送水块*的运动”；(6) “海面附近的海水沿一定方向流动的现象”。

以上是不同学者对海流的解释。然而不足之处就在于，上述定义似乎把海流的强弱、大小、时间变化和空间变化等解释得过于简单。因此，有人重新对海流作了如下的定义：

“将广阔空间中的海水运动进行长时期的平均时，其形象往往呈细长的带状，并有较大的流速。此即谓之海流”。

但是，这样一来，海流往往就被人们认为只不过是长时期内的一种平均状况而已。实际上，从使用诸如“海流的变化”或“细微结构”之类专业术语就可想而知我们通常并不是将海流仅仅看作是上述那种长时期内的平均现象。如果进行长期平均的话，海流即使呈细长的带状延伸，但在某一时期内也可能脱离海流主体流动，也可能呈离散状而不是带状延伸。

* 本书将 water mass 及 water body 两个词分别给以不同的解释，前者中译词为水团，后者中译词为水体或水块。——译者注

但本节中将此问题暂时搁置,以便集中讨论其它问题。

1.1.3 海流的分布

图 1.1 展示出全球主要的海流。海流基本上在水平方向上流动。这是因为,虽然海洋深度为 4—5 公里,但是其宽度却可达 1000 公里以上,所以海水的水平运动比垂直运动强得多。在中纬度和低纬度海域,通常是从深层向表层输送海水,其输送总量相当于黑潮和湾流的流量,但流速仅为 $1 \text{ 厘米} \cdot \text{日}^{-1}$,这无论如何也不能称之为海流。另外,在高纬度和极地地区,大量海水沉向深层,但其沉降区域既广,沉降速度又小。因此,海水仅在水平方向上的运动比较快。

虽说海流是一种流速比较快,且呈细长带状的流动,但其流速、流量、宽度和长度则依海流的不同而有千变万化。例如,黑潮的宽度达 100 公里左右,而流经太平洋东部的加利福尼亚海流的宽度虽达数百公里之巨,然而它的流量仅及黑潮流量的数分之一。此外,一般人称为赤道潜流的海流(在图 1.1 中没有标出),则是以赤道为轴,在赤道海面之下向东流动。它的宽度约 300 公里,厚度仅 200 米左右,可是流速高达 $100\text{—}150 \text{ 厘米} \cdot \text{秒}^{-1}$,总流量和黑潮的流量大体相同。再如沿大洋西缘流动的黑潮和湾流,沿赤道流动的赤道潜流,还有从东向西绕地球一周流动的南极环流,都是比较大的海流。另外,在这些海流中,既有像黑潮那样季节性变化小的海流,也有在(北半球的)冬季匿影藏形的海流(例如,沿非洲大陆的印度洋沿岸呈东北向流动的索马里海流)。同样,印度洋的赤道潜流随季节变化较大,太平洋赤道潜流的逆流流量变化也比较大。

除赤道潜流外,其它海流的海水运动由于随着深度的增加而减弱,所以深层海水的运动将比表层海水运动慢得多。