

国外水产科技资料

# 日本海洋渔业资源研究方法

上海市水产研究所



国外水产科技资料

---

日本海洋渔业资源研究方法

编辑出版 上海市水产研究所

印刷 上海新华印刷厂

1975年3月

总11号资4号

上海军工路334号

(内部参考)

---

成本费0.30元

## 毛主席语录

学习外国的东西，是为了研究和发  
展中国的东西。

人们为着要在自然界里得到自由，  
就要用自然科学来了解自然，克服自然  
和改造自然，从自然里得到自由。

人们的认识，不论对于自然界方面，  
对于社会方面，也都是一步一步地由  
低级向高级发展，即由浅入深，由片面到  
更多的方面。

中国人民有志气，有能力，一定要在  
不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

## 目 录

关于渔业资源变动的周期性·····	(1)
水产资源解析的基础理论·····	(11)
水产资源特征值的推算·····	(22)
水产资源研究中的模型制作·····	(35)
推算水产资源参数的拟态模型法·····	(47)
水产资源解析中实验研究的任务·····	(58)
标志放流在水产资源分析中的应用·····	(68)
利用探鱼仪和鱼群计量装置推算鱼群量·····	(78)

# 关于渔业资源变动的周期性

渔业资源的周期性变动很早就引起人们的重视，并对此作了不少研究，但其中的大多数都属于相关论的范畴。在日本近海，以浮游生物为饵料的暖水性鱼类发生很大的周期性变动，出现鱼种交替的现象。为了进行渔况预报和保护资源，阐明这种变动的机制在当前是非常重要的。

## 1. 序 论

据“理化学辞典”(岩波书店出版)的解释，所谓周期现象(periodic phenomenon)，是“指同一或类似的状态反复再现的现象”。“一般用于再现的间隔相同的情况下”，但“有时也将间隔不相同的情况包括在周期现象里”。内田俊郎的著作中称：间隔相同时谓之周期，间隔未必相同的情况也可称之为轮回或循环。本文是在广义上使用“周期现象”这一名词的。

渔业资源周期性地大幅度变动历来为人所知。渔业资源丰富，洄游量多时形成丰产，资源衰退，洄游量少时则造成歉收。如果这种现象具有一定的规律性，并能以周期函数表示，那末渔况就与潮汐相同，也可能进行预报。事实上，久保伊津男对日本龙虾的资源已在进行周期函数的计算。

关于渔业资源变动的周期性很早就作过许多研究，久保伊津男对此进行了总结。他在例举了多种海洋生物的周期现象后，提出了引起周期性变化的四个因素：环境因素、气象因素、群体本身的密度和人为因素。

例如日本近海水温变化的周期性,即是环境因素。久保未引用及此,但关于海况的周期变动与渔况变动的关系,畑中正吉作过广泛的研究。首先作为亲潮寒流的周期变动现象,畑中统计了日本东北海区沿岸各地冬季水温的历年变化,进行分析后发现以9年为一周期,查明这与盐屋崎外海亲潮势力的历年变化相一致。其次作为黑潮暖流的周期现象,发现在丈八岛、野岛崎、盐屋崎海域中,黑潮影响强烈期间水温的变动为9年中的半周期,即4.5年。

畑中对这种海况变动与渔况变动的联系进行了考察。畑中认为三陆~北海道外海抹香鲸的捕获头数并不反映资源变动,由于向捕捞水域的洄游量比例在变动,因此捕获头数的变动只是反映了海况的变动。从1918年至1944年期间的资料来分析,旺发年均均为亲潮之9年周期的第1或第9年(黑潮势力弱,亲潮势力强),以及第5年的前后(黑潮势力弱),很能说明问题。太平洋渔场鲱鱼的例子同样也表明丰产年集中于第1和第9年。

川合英夫也指出了海况变动的周期性。他发现,日本本州东方 $141^{\circ}\sim 146^{\circ}$  E的黑潮续流轴,其所处纬度的北限连续以4.5年的间隔向南严重偏倾。

春季 1936,1945,1954,1963(年)

秋季 1940,1949,1958,1967(年)

必须充分考虑到,这种海况变动的周期性,以某些形式反映到渔况的变动上。

关于第二点气象因素,久保伊津男提出了太阳黑子数(太阳指数)的变动。川名武关于太平洋鲱鱼的研究可作为一例。川名武解析了鲱鱼仔鱼发生量与太阳指数的关系,认为两者具有相同规律的变动倾向。太阳黑子数的变动具有11年的周期,而鲱鱼发生量的周期也与此相同,当黑子数不为极端时发生量增大。

但是这种研究往往在原因和结果之间缺乏严密的理论根据。

久保伊津男提出的第三个因素是群体本身的密度，这是认为种内关系成为周期变动原动力的一种观点。根据这种观点，群体密度如增高，则生存条件较差，繁殖率下降，而密度如减低，则繁殖率上升，于是引起了周期变动。这种观点与以密度依存的亲子关系为前提的再生产曲线相类似。

第四点人为的因素，是指捕捞过度而出现表面上的周期变化，但未举例。

## 2. 周期变动的实质

如上所述，过去关于渔业资源变动周期性的研究，主要属于相关论的范畴。也就是以其它现象的周期性来解释资源变动的周期性。这里，“为什么如此”这种理论上的逻辑性和过程分析是不充分的。下面试对此作一下探讨。

在讨论渔业资源的变动时，必须明确其变动的内容。首先是数量，其次是空间，再则就是两者的结合。也就是说，必须明确是指资源量的总体还是某一水域的洄游量。而且重要的是这两者往往具有很大的关连。因此，以前经常讲的 abundance (资源量) 或 availability (可能利用度) 那样的提法，往往使问题过于单纯化。

图 1 所示为日本近海中以浮游生物为饵料的 6 种暖水性鱼类，在最近 20 年间的渔获量变动。这些鱼种均以浮游生物为饵料并始终在日本近海活动。它们的主要生活领域几乎都成为捕捞渔场，所以渔获量的变动倾向可以认为与资源量的变动倾向相一致。从变动倾向来看，上述 6 种鱼种可分成 2 组。一组是远东拟沙丁鱼、竹筴鱼、日本鲈、竹刀鱼。另一组是日本鳀鱼、太平洋斯氏柔鱼。

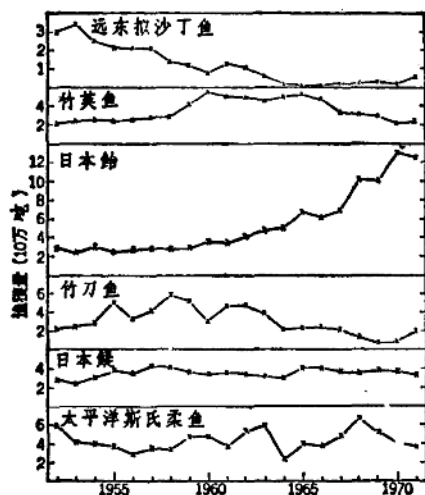


图 1. 日本近海暖水性鱼类的渔获量变动。

第 1 组是进行数十年左右的大周期变动的,在鱼种之间发生“鱼种交替的现象”。远东拟沙丁鱼在 1931 年的渔获量最大(沙丁鱼类的渔获量 163 万吨,大部分是远东拟沙丁鱼),之后不断减少,在 1965 年和 1966 年前后降到最低产量,但近年的渔获量有上升趋势。因此,其周期大约为 70 年左右,伊东祐方的远东拟沙丁鱼资源旺衰历史模式图

(1550 年至最近)中,也显示出相同程度的高峰间隔。如图 1 所示,竹荚鱼、日本鲈、竹刀鱼也有很大的倾向性变动,但在这 20 年里未能发现变动的一个循环,一般认为是属于数十年左右的变动周期。

这四种鱼种变动中需要注意的是,与周期同时可发现“渐变”(gradation)。所谓“渐变”,普通是指昆虫类中“渐进大发生”的语言,即指下列过程而言:“密度的变动从低谷至高峰世代,要经过几个世代的连续上升,并且从高峰开始一旦出现下降倾向时,也要经过几个世代的连续下降而达到低谷。”也就是说,这 4 种鱼种的例子中,各年级(year-class)的数量逐步增大(或缩小),作为其累积效果,资源量逐步地增大(或缩小)。

但是,这 4 种鱼种中,竹刀鱼的情况有所不同。如图 1 所示,



渔获量的高峰在 1955 年至 1962 年的 8 年之间，而 1956 年和 1960 年有 2 次低落。也就是说，不象竹筴鱼那样高峰曲线比较平坦。

从第 2 组的日本鯷鱼和太平洋斯氏柔鱼来看，前者变动小而相对稳定，后者则发生显著的短间隔的变动。然而两者的共同之点是，没有象第 1 组那样出现“渐变”。

上述鱼种变动形式的差别分别说明如下。两组鱼种的寿命分别为：远东拟沙丁鱼—5~6 年，竹筴鱼—5~6 年，日本鲱—8~10 年，竹刀鱼—2~4 年，日本鯷鱼—2 年，太平洋斯氏柔鱼—1 年。以数十年时间长度显示出渐变的第 1 组鱼种寿命较长，变动少或作短期变动的第 2 组鱼种寿命较短。即使在第 1 组，相对寿命较短的竹刀鱼在“渐变”中也有明显的短期变动。如后所示，这种以浮游生物为饵料的鱼类的资源变动，一般是由环境变动所引起的。第 1 组中，当环境发生倾向性变动时，在具有一定年龄组成的资源中，环境的影响是逐步积累的，第 2 组中由于寿命较短这种积累并不发生，1 年或 2 年的短期环境变动可能成为支配资源量的主要原因。

寿命长的鱼种显示出非常长期的“渐变”，明显的例子就是太平洋鲱鱼（寿命 10 多年至 20 年）。北海道萨哈林群系的鲱鱼，在 1900 年前后作为所谓“春鲱”而被大量捕获，当时日本的渔获量为 70~80 万吨。以后即逐步减少，现在的渔获量已极小，尚未出现回复的征兆。这就表现为一百几十年至几百年程度的“渐变”。其原因据认为是由于环境变动而引起生活场所的扩大和缩小。寿命短的生物显示出非常短期的数量变动，显著的例子就是最近频繁发生的赤潮（red tide）。

大规模的环境变动引起大规模的资源变动，下面即举例说明这种例子。日本本州东方的黑潮续流轴，从本世纪 50 年代的

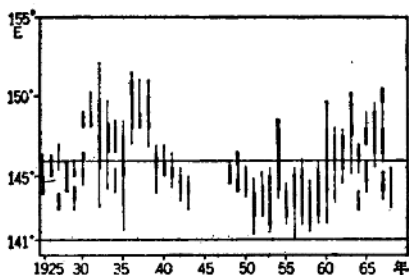


图2. 竹刀鱼初期渔场位置的历年变化(9月下旬)。1930年前是近海渔场扩张的高峰。(堀田·福岛,1970)

后半期至60年代的后半期连续出现倾向性的南偏。与此同时,很大程度上作为黑潮补充流的亲潮前线则发生北偏。其结果,离开黑潮续流轴而北上的大规模暖水团开始在北海道东面靠岸。从而亲潮前线周围的竹刀鱼索饵渔场显著地向东偏倾(图2)。这种现象在本世纪30年代

也有发生,可以说栖息水域与渔场水域的周期变化相等。

三陆外海~北海道外海的水域中潮隔发达,是生产力很高的水域。索饵期竹刀鱼的主要饵料是太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*),这种虾类在日本近海中最密集的分布区域是 $40^{\circ}\text{N}$ 以北, $147^{\circ}\text{E}$ 以西。竹刀鱼是以该水域为索饵场而被渔获的。由于分布偏于外海,所以再生产条件也恶化起来。竹刀鱼所产之卵需附着在集积于潮隔内的马尾藻等海藻上,但外海的潮隔并不发达。并且所产的稚鱼很可能进一步在外海分散。这样,由于索饵条件和再生产条件这两者恶化的结果,竹刀鱼资源就进入了减少的局面。

索饵期日本鲈的分布区在暖水团的周围,大规模暖水团向北海道靠岸,对日本鲈来说创造了良好的索饵条件。日本鲈的主要饵料生物与竹刀鱼相同也是太平洋磷虾。暖水团的靠岸,造成了日本鲈生活场所的扩大,并由于暖水团向亲潮流域内注入,饵料生物的单位面积平均量增加。这样,太平洋一侧日本鲈资源(太平洋群系)就进入了增加的局面。

这里要指出的是,作为渔业资源变动的原因,必须考虑到哪一个时期的环境条件是属于支配性的。水产资源学说的提出者约尔特(Hjort)认为,从仔鱼期的前期转向仔鱼期后期的“临界期”中,资源的蕴藏量是固定的,所以这个时期的饵料条件起决定性的作用。这种观点迄今仍被广泛引用。与此相反,近年尼古里斯基(НИКОЛЬСКИЙ)强调指出了与索饵条件相关的个体适应性自身调节的重要性。川崎健则认为,将重点放在自身调节上的同时,对再生产条件的变化也必需充分注意。

### 3. 关于资源变动的周期

前面已提到太平洋斯氏柔鱼资源变动的一个特征是时间间隔较短。据报道太平洋斯氏柔鱼的渔获量变动一直有着9年内外的周期(图3)。佐藤荣认为其总渔获量的变动周期为9年左右,从海域来讲,津轻海峡沿岸为8年,北海道的日本海一侧为7~9年,北海道的太平洋一侧为9年。宫本秀明和野村正直在1950年曾发表过乌贼类(大部分为太平洋斯氏柔鱼)总渔获量的变动周期为8~9年。

1959年,东北海区水产研究所八户分所曾报告如下:

1) 乌贼类总渔获量大致以9年为周期而变动。

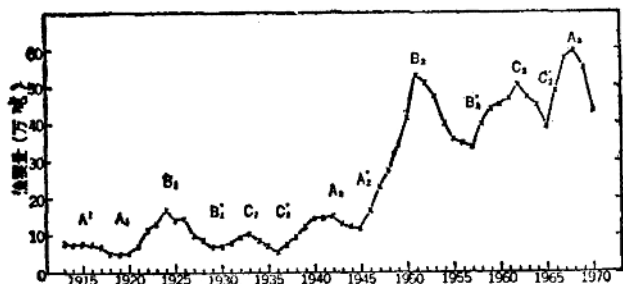


图3. 柔鱼的渔获量变动(图中记号参照表1)

表1 太平洋斯氏柔鱼渔获量3年移动平均值的“峰”、“谷”系列

“峰”的系列			“峰”的高度
间隔	间隔		
A <sub>1</sub> 1915 (27年)	A <sub>2</sub> 1942 (26年)	A <sub>3</sub> 1968	中
B <sub>1</sub> 1924 (27年)	B <sub>2</sub> 1951 (27年)	[B <sub>3</sub> 1978]	高
C <sub>1</sub> 1933 (29年)	C <sub>2</sub> 1962		低
“谷”的系列			“谷”的深度
间隔	间隔		
A' <sub>1</sub> 1919 (26年)	A' <sub>2</sub> 1945 (27年)	A' <sub>3</sub> 1972	中
B' <sub>1</sub> 1929 (28年)	B' <sub>2</sub> 1957		浅
C' <sub>1</sub> 1936 (29年)	C' <sub>2</sub> 1965		深

2) 如比较亲潮寒流的9年周期和渔获量的9年周期,则大致规律是,水温最低、最高以及中间急升期的年份为欠获年,水温由最高向最低过渡的缓降期年份为旺发年。

3) 太平洋斯氏柔鱼渔获量中可能存在27年的周期变动。1907年前后和1933年前后出现的低潮、1925年前后和1952年前后出现的高潮,是与这一周期相符合的。

在进一步讨论之前,想谈一下柔鱼总渔获量的变动意味着什么。在日本近海,存在着成熟期不同、生态上也各有特点的三个柔鱼群,即冬季成熟群、夏季成熟群和秋季成熟群。从资源量来看以冬季成熟群为最大,从本州北部到北海道周围,在日本海和太平洋两方面都有渔获。因此,乌贼类总渔获量的变动倾向可以认为表现了冬季成熟群的变动倾向。该群体的产卵场是中国东海,在生长的同时分为日本海和太平洋两路沿日本北上。

发现在某一时间序列中是否有周期的最好方法是相关法。图

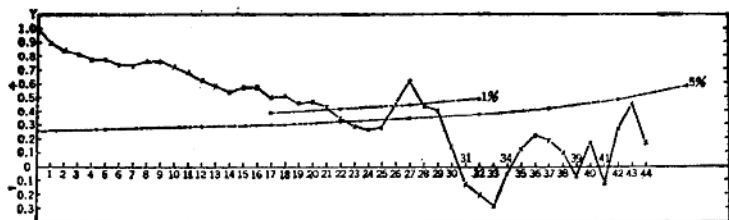


图4. 太平洋斯氏柔鱼渔获量变动的相关图。  
虚线为显著水准。

4 是以 1912 年至 1970 年间 59 年的资料所计算的相关图 (1951 年前为乌贼类, 之后为太平洋斯氏柔鱼)。可是, 如果取这样长的时间序列的话, 由于渔获量倾向性地增加, (图 3) 所以显著地出现短的周期是不可避免的。因此, 和近傍值的相对差别成了问题。如这样来看图 4, 则 8、9 年和 15、16 年的地方出现稍高的值, 但最为显著的是东北海区水产研究所八户分所曾提到其可能性的 27 年周期。

由于篇幅有限, 本文不能详细论述, 仅将结论陈述如下: 太平洋斯氏柔鱼渔获量的时间序列, 可认为是几个 27 年周期的“峰”和“谷”的连续组合 (图 3)。关于这一点兹整理如表 1。据此, 现在冬季成熟群的渔获量处于中等程度的“谷”, 1978 年前后预计将出现优势峰。

关于这种变动的实质机制一无所知, 但部分原因可能如下。图 5 表示了津轻海峡到北海道东部水域 (襟裳岬以东) 之间北海道东部水域所占的渔获量比例。这样就清楚看到, 属于“峰”系列的  $B_2$  时代 (表 1) 中, 津轻海峡~北海道南部水域的渔获量占压倒多数, 但对较低或中等程度的“峰”  $C_2$  和  $A_2$  来说, 北海道东部水域的渔获量较多。而随着下一个“峰”  $B_2$  的接近, 西面的渔获量比例又在增加。

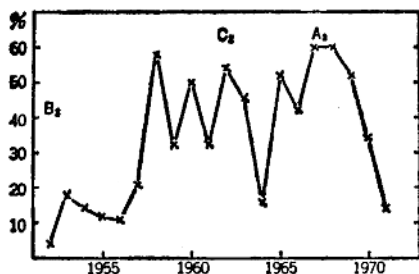


图 5. 钏路支厅~渡岛支厅的卸货量中, 钏路支厅和十胜支厅所占比例的历年变化。图中记号参照表 1。

其原因如下。如前所述, 冬季成熟群沿着日本列岛两侧北上, 但 B 系列的情况是沿日本海北上的比例较大, 而 C、A 系列的情况是沿太平洋北上的比例较大。在前一种场合, 从津轻海峡向北海道南部水域集聚, 在后一种场合, 不如说向外海分散的倾向较强。这样 B 系列就变成了“峰”系列。

#### 4. 结 束 语

某种渔业资源由于自然原因确实在进行周期变动, 但其变动的实质性研究非常不充分。另一方面, 日本近海以浮游生物为饵料的鱼类中发生大规模的鱼种交替现象, 为了对此加以预测急需阐明变动的机制。本文倘在这方面有所补益则幸甚。

本文作者: 东海区水产研究所资源部 川崎健

译自日本“海洋科学”1973年第10期

# 水产资源解析的基础理论

日本的水产业正面临着资源枯竭、环境污染、劳动力不足等许多难于解决的问题。今后,为了使水产业继续保持繁荣,劳动力问题姑且勿论,保护资源、洁净环境、保证再生产的进行,是不可缺少的条件。

水产资源的研究开始于本世纪初,日本在战后特别盛行。大致可以分为生物学和数理统计学两个方面。后者也称为资源解析。此外,也有人从经济学角度在进行研究。资源学研究的对象是种群,所以有时少数的标样不能起作用。沿岸或湖泊河流内小范围资源的研究可以由个人或小型研究组织进行,但涉及到大规模的渔业,则有待于研究机关或政府进行有组织的调查研究。为了应用理论上的研究结果,需要有具体的资料数据,研究的对象和使用的方法也非常多种多样。所谓资源解析,通常指渔获对资源之影响的理论,这里介绍几种资源研究中所使用的方法。

## 1. 海中有多少鱼?

这个问题分为海洋生产力的推算问题和特定海域中特定鱼种资源量的推算问题。由于中国等国家不公布产量并且内陆水域的渔获量也很高,所以很难掌握全世界的渔获量,近年来的增产趋势如图1所示。如以这种趋势增加,全世界的渔获量不久将高达1亿吨,但人类对鱼贝类的需要也在逐年增加,所以海洋的生产量是否能够适应是很大的问题。推算的办法大致有三种。

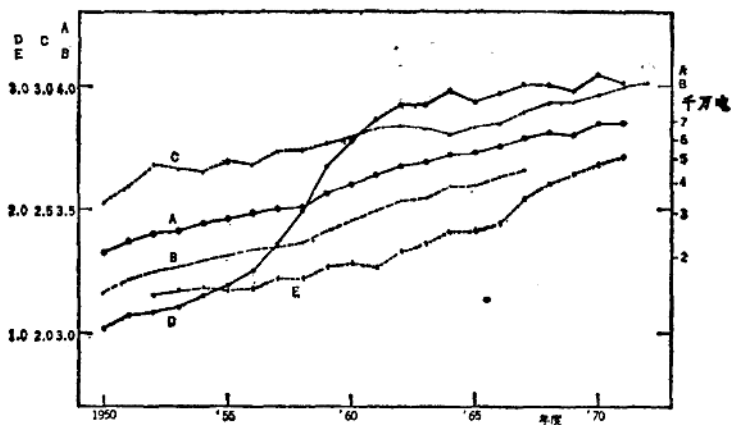


图 1. 近年渔获量的增加趋势。纵轴为渔获量(单位:万吨)的对数。A: 世界的总渔获量(约 7000 万吨, FAO 统计), B: 其中海水鱼的产量, C: 日本的总渔获量(约 1000 万吨), D: 秘鲁的总渔获量(约 1000 万吨), 近年迅速增加, 几乎全部是鳀鱼, E: 日本的狭鳕渔获量(约 270 万吨), 近年, 北方海域增产显著。

第一种方法, 是从过去的增加趋势用外插法求算。此法作为短期预测有比较好的结果。不过, 各鱼种变化是不同的, 有时因新的渔场、渔具、渔法的开发, 渔获量迅速增加。日本狭鳕的渔获量达到了 270 万吨, 这是北方海域中远洋渔业的渔获物。秘鲁的鳀鱼历来是海鸟的饵料, 最近每年渔获 1000 万吨以上, 主要制成鱼粉作饲料。其数量之多, 从已超过日本总渔获量这一点也可知道。

第二种方法, 以大陆架的平均生产量 20 磅/英亩(= 22 公斤/公顷) 乘上生产水域的面积  $60 \times 10^8$  英亩(=  $24 \times 10^8$  平方公里), 得  $1,200 \times 10^8$  磅(=  $5,500 \times 10^4$  吨)。但是, 这个资料已陈旧, 并且不括包南半球的未开发资源, 所以是过小的推定值。据



说实际上生产量可为其 4 倍, 即 2 亿 2 千万吨 (Gulland, 1970: 311)。

第三种方法, 是应用海洋基础生产力的方法, 得到 2~20 亿吨的数值, 但这是过高的。计算时向高次营养阶段的转换比例难以正确地求得。如果在数量上指望多, 那么应该以低次营养阶段的生物为渔获对象 (Moiseev, 1971)。南极的磷虾, 有 2~5 亿吨的资源量, 即使年间渔获 1 亿吨也不算什么, 但在渔获方法、渔期较短和如何食用等方面尚存在不少问题 (油井恭, 1972)。

总之, 由于渔获量飞速增加是无望的, 所以重要的在于合理地利用资源, 以及开发未利用资源和努力增殖资源。

其次, 某水域中的鱼类实际上有多少是重要的问题。现假定某闭合水域中有  $N$  尾鱼, 其中对  $t$  尾加了标志。标志方法多种多样, 普通是加标志牌或切断鳍条。  $P = t/N$  称为标志率。当从整个鱼群中偶然捕获  $n$  尾时, 其中标志鱼 ( $s$  尾) 的发现概率以超几何分布得出:

$$P(s) = \binom{t}{s} \binom{N-t}{n-s} / \binom{N}{n} \quad (1)$$

这里,  $0 \leq s \leq \min(t, n)$ 。

标志放流, 是为了知道鱼的成长、洄游、移动、死亡率、总数量等而进行的。

(1) 式中, 当  $t, n, s$  为已知数时, 可以求  $N$ , 问题是这里有点推算法和区间推算法。

标志放流实验中,  $N$  与  $t, n, s$  相比是非常大的, 现将 (1) 式化成简单式。首先, 由于  $N$  大, 形成二项分布

$$P(s) = \binom{n}{s} p^s (1-p)^{n-s} \quad (2)$$