

水产动物化学

下 冊

大島幸吉

科学出版社

大島幸吉

水产动物化学(下册)

日本朝倉書店, 東京, 1949

內 容 簡 介

本书中譯本共分上下兩册, 上册已于 1959 年出版, 此為下册, 其主要內容是介紹水产动物(以魚类为主)的食品加工(如干燥、盐藏), 以及水产罐頭、冷藏、冷冻、魚油(包括魚肝油)等制造过程的化学作用。此外, 对魚肥、魚粉(魚肥可作为农作物的肥料, 魚粉可供人食用或毛皮兽、畜类的飼料)等制作过程的化学作用, 都有詳尽的論述。

本书对我国目前水产产业的大力发展, 有参考价值。

水产动物化学 下册

[日] 大島幸吉 著

刘 綸 譯

駱 肇 蕓 校

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1960 年 7 月第一版

书号: 2226 字数: 270,000

1960 年 7 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/27

(京) 0001—4,000

印张: 11 19/27

定价: 1.40 元

目 录

第三編 生理营养化学	247
第一章 魚类的呼吸	247
第一节 呼吸商	247
第二节 呼吸器官	249
第三节 血液与氧及二氧化碳的关系	250
第四节 氧和二氧化碳的呼吸量	251
第五节 鳃中气体的变化	258
第二章 无脊椎动物的呼吸	261
第一节 呼吸及氧的消费量	261
第二节 貝类曝露于空气里与温度的影响	263
第三章 环境水与血液氫离子浓度的关系	268
第一节 魚类的酸中毒(Acidosis)及碱中毒(Alkalosis)	268
第二节 牡蠣血液氫离子浓度的变化	272
第四章 环境水的影响	274
第一节 渗透压及适应性	274
第二节 蟹类的鈣盐代謝	278
第五章 生殖的化学	280
第一节 促进生殖腺发育的作用	280
第二节 产卵誘发现象	281
第六章 排泄作用	284
第七章 魚类的天然餌料	288
第八章 餌料的成分	292
第一节 主要植物性餌料的化学成分	292
第二节 主要动物性餌料的化学成分	295
第三节 加工餌料	298
第九章 虹鱒的营养試驗	301
第十章 餌料的营养价值	311
第一节 飼育用水及溶存物質的影响	311

第二节	虹鱖的餌料	312
第三节	河鱖的餌料	315
第四节	其他虹鱖类的餌料	319
第五节	鲤、鳊等的餌料	321
第六节	餌料蛋白量与魚体蛋白增生量的关系	325
第七节	魚粉类的营养价值	327
第十一章	魚类必要的維生素类	330
第一节	一般維生素类的效果	330
第二节	特殊維生素H因子	333
第十二章	魚病及其治疗法	336
第一节	治疗藥品及用法	336
第二节	使用葯剂消毒受精卵	337
第三节	养魚池的消毒	339
第四編	加工化学	340
第一章	腐败	340
第一节	腐败的意义及其原因	340
第二节	影响細菌繁殖的条件	341
第三节	腐败的进展及生成物質	344
第四节	腐败初期的化学鑑定法	351
第二章	防腐剂	355
第一节	自溶作用防止剂	355
第二节	杀菌剂	355
第三节	杀虫剂	362
第四节	脂肪的抗氧化剂	365
第五节	关于使用防腐剂的限制規則	371
第三章	干燥	374
第一节	干制品的一般成分	374
第二节	干燥对于細菌及酶类的作用	374
第三节	干燥对于蛋白质的变化	375
第四节	干燥对于油脂的变化	376
第五节	熏制魚类的化学变化	377
第六节	木魚干的化学变化	381

第七节 各种干燥法及干制品的品质	390
第八节 干制品的化学复原法	391
第四章 魚粉及魚粕	399
第一节 魚粕类的成分及品质	399
第二节 魚粉加工的化学	403
第三节 保藏期間品質的变化	410
第四节 魚粕类的加水分解	416
第五章 冷冻及冷藏	420
第一节 水分的变化	420
第二节 蛋白質的变性	421
第三节 肉色的变化	422
第四节 油脂的变化	422
第五节 冻结温度与盐分的影响	423
第六节 冷冻期間酶的作用	424
第六章 盐藏	426
第一节 盐藏品的一般成分	426
第二节 食盐的性质	427
第三节 盐藏法及食盐的渗透速度	429
第四节 盐藏期間的腐敗	432
第五节 盐藏期間的化学变化	435
第六节 盐酿品的腊熟	436
第七节 使用魚类制造氨基酸液及酱油	438
第七章 罐頭	449
第一节 罐質的变化	449
第二节 原料对于罐頭内容物变化的影响	450
第三节 加热杀菌对罐頭内容物变化的影响	451
第四节 保藏对罐頭内容物变化的影响	452
第五节 罐頭内容物的化学成分	454
第五編 利用价值的化学	459
第一章 維生素类的含量	459
第一节 維生素A的性质及其类似物	459
第二节 維生素A的含量	461

第三节	生物体内维生素含量的变化	469
第四节	维生素 A 含量在生物体外的变化	479
第五节	维生素 D	483
第六节	维生素 B ₁ (Vitamin B ₁)	489
第七节	维生素 B ₂ (Vitamin B ₂)	494
第八节	维生素 C (Vitamin C)	498
第九节	菸酸 (Nicotinic acid)	501
第二章	营养及饲料价值	507
第一节	水产动物的消化率	508
第二节	蛋白质的营养价值	510
第三节	油脂及醣类的营养价值	513
第四节	矿质成分的营养价值	515
第五节	加工、保藏、調理期間营养价值的变化	515
第六节	用魚粉等飼育試驗报告	517
第七节	魚粉类食用化的可能性	524
第八节	魚貝类营养价值表	527
第三章	肥料价值	528
第一节	一般的肥效試驗結果	528
第二节	魚粕类肥效的差別	529
第三节	魚粕与其他肥料肥效率的比較	530
第四节	对于果树瓜菜的肥效	531
第五节	对于普通作物的肥效	534
第六节	魚粕肥料制法的改进	535
第四章	药用价值及魚油的工艺化学	537
第一节	药用价值	537
第二节	由于采油法的变化	540
第三节	由于精制操作的变化	542
第四节	由于聚合法的变化	544
第五节	添加氢气法的变化	547
第六节	魚油的分餾及其用途	549
第七节	石油化方法	550
附录	水产动物的范围及实例	552

第三編 生理营养化学

第一章 魚类的呼吸^[1]

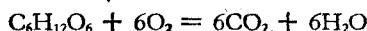
第一节 呼吸商

呼吸商 (Respiratory quotient) 是动物体所排泄二氧化碳的体积和吸入氧的体积之比,通常用 R. Q. 表示.

$$R. Q. = \frac{CO_2 \text{ 的体积}}{O_2 \text{ 的体积}}$$

由于消費的氧量和生成二氧化碳量之比,在各物質間存在一定的关系,根据这个比值,可以确定体内新陈代谢所分解消費物質的种类.

例如,醣类(碳水化合物)被氧化时的化学变化如下列方程式.



醣类燃烧所需氧量和所生二氧化碳量之比为 1,也即是呼吸商等于 1.

脂肪虽由于种类不同而有若干差别,其平均組成是:

$$C = 76.5\% \quad H = 12\% \quad O = 11.5\%$$

因此,計算它的呼吸商等于 0.7,蛋白質亦由于种类而多少不同,且在体内不能完全分解,它的呼吸商可看作 0.78—0.82,平均是 0.8.

因此,如果能够测定魚类的呼吸商,当测定的数值小时,就表示着魚体内的分解是以脂肪或蛋白質为主;如果呼吸商近于 1,就說明体内分解是以醣类为主.

但单凭呼吸商不能明确分解物質量的关系,魚体内燃烧物質的測定,除 O_2 和 CO_2 外还必须測定所排泌尿中的氮量.

陆上动物由于体内含氮物的分解,氮的大部分变成尿排泄于体

外，但魚类的尿是和糞共同排泄到水里，因此測定較困难。

Knauthe 氏曾进行飢餓状态的鯉所排泄尿和糞里氮的定量，以計算其蛋白質的分解量。Lindstedt 氏把糞作为固形物，把盛魚的水完全定量的进行過濾，測定其滤液的氮量，作为計算的基础。

据 Knauthe 氏的研究，总氮量 1 克相当于 0.8966 克的溶解氮，就是尿的氮量。⁹⁰ 因此，总氮量 1 克相当于 27.14 卡的热量，这时应吸入 6.064 毫升的 O_2 和排出 4.089 毫升的 CO_2 。尿里的氮 1 克，相当于 30.27 卡的热量，这时应吸入 6.763 毫升的 O_2 ，排出 5.363 毫升的 CO_2 。所以，按以上氮量的測定，能够了解魚体内由于蛋白質燃烧所产生的热量，及所要的 O_2 和排出的 CO_2 量。如果了解魚在 1 小时内所吸入的 O_2 和排出的 CO_2 及氮量，从該氮量減去蛋白質燃烧所要 O_2 和 CO_2 量，余剩的即脂肪和醣类燃烧所生成的气体量。

醣类的呼吸商是 1.0，脂肪的呼吸商是 0.707，已如前述。現在从所吸入 O_2 的总量減去蛋白質燃烧所需要的量，残余的是非氮物質燃烧所需要的 O_2 ，把它作为 x^* 毫升，非氮物質燃烧所生成的 CO_2 量作为 b 毫升，

$$\text{則：} \quad x + 0.707(a - x) = b$$

又因为醣类燃烧所生 CO_2 量和所消費 O_2 量是同体积，因此，从 a 及 b 把該量減去，余剩的就是脂肪燃烧所生成的气体量。

計算魚体的新陳代謝的能量时，因为消費 1 升的 O_2 所相当的热量，在脂肪燃烧时是 4.795 卡，在醣类燃烧时是 5.058 卡，如果分別測定脂肪和醣类燃烧时所需要的 O_2 量，就能算出它們的热量，再加上蛋白質的热量，就可得到总热量**。

呼吸商虽具有如前述的意义，但实际測定时， $R. Q.$ 有时过大，达 1.38，有时过小，可以到 0.68，和前述的理論不能一致。其理由是由于以上計算方法，是假定在醣类、脂肪、蛋白質以外沒有其他被分解的物質，以及动物体内沒有进行任何合成作用而产生的相差。实

* 此处原文有錯誤。式中 a 应为非碳物質燃燒所需 O_2 的容积， x 应为醣类燃燒所生成的 CO_2 和消費的 O_2 的容积才对。原文中 a 代表什么亦未說明——校者注。

** 此段原文詞意不明，校者作了适当修改——校者注。

实际上动物体内是进行合成作用的。例如由醣类变成脂肪时，因为由氧多的物质生成氧少的物质，实际上就有若干的氧被游离出来，所以 R.Q. 就变大；又如在合成蛋白质或醣类时 R.Q. 就变小。再有在冬眠时期，脂肪可以被分解变成醣类，但由于氧化不完全，此时不生成 CO_2 而生成有机酸，因此 R. Q. 亦有变化。总之，按照 R. Q. 来推测新陈代谢的比率时要十分注意。

第二节 呼吸器官^[1]

鱼类的呼吸器是以鳃为最主要，它和陆上动物的肺形态上虽完全不同，但其构造很相似。因为鳃是在水里呼吸的器官，不能吸收水里化合态的氧，只能够吸收溶于水里单体的氧，其作用和吸收空气里的氧是一样的。

肺亦不能吸收完全不含水分的氧，肺细胞的内部常有一定的湿气，以使呼吸作用能够圆滑的进行。

鱼在水里虽能吸收溶存的氧，到空气里不久即死。因此鳃和肺在吸收氧时，水分是必要的。水可认为是鳃或肺吸收氧时不可缺少的媒介。

泥鳅除营鳃呼吸外还营肠呼吸，这是我们所熟悉的事实。肺鱼在夏季干燥时期就潜伏于水底的泥里，以营呼吸，这亦是著名的特征。Hall 氏曾研究鳃内的气体，证明用鳃呼吸的动物，不只是肺鱼，普通鱼类当外界缺乏氧时亦吸收鳃里的氧。但鳃内的氧量很少，不可能有很大的作用。似仅当体组织内的氧缺乏时，鳃内的氧中被用于补充体组织的氧以保持平衡。

象鳗那样具有柔软皮肤和薄鳞的鱼是能营皮肤呼吸的。据 Krough 氏的研究，在 $7-8^{\circ}\text{C}$ 时，鳗所需要氧的 60% 是从皮肤呼吸所吸取。

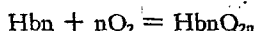
鲇类的 *Saccobranchus*，它具有凹处从鳃室延展到腹部的脊椎骨部分，两者都有很多血管，以营呼吸作用。印度产的攀鲈 (*Anabas scandens*) 鳃室里有构造复杂的褶皱迷路 (Labyrinth)，血管很多，能够营空气呼吸，所以，它能够比较长的时间停留在空气里。

第三节 血液与氧及二氧化碳的关系

鱼类的血液都有红血球,含有血红蛋白,呈鲜红色,具有一种腥臭。流出血管以外就凝固成凝胶状。鱼类绝对没有含血蓝蛋白的蓝绿色血液。

氧在水里的溶存量,根据各种条件而异。大约1升淡水里含有6—9毫升,而1升海水里则不过4—5毫升。但鳗的血液1升能够吸收氧140毫升(人类的血液约能够吸收氧200毫升)。因此这些量的氧并非单纯物理的溶存于水,而是与血红蛋白相化合存在的。这是血液重要的特征。

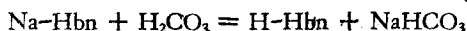
鱼类亦和温血动物相同,还原血红蛋白能够变成氧化血红蛋白。如下列可逆方程式:



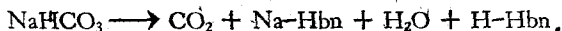
附注: Hbn 是血红蛋白的简写。

淡水鱼通常比海水鱼吸收氧的能力大的原因,一般认为是由于淡水鱼所栖息的环境(河、湖水)较比海水鱼所栖息环境(海水)中的氧含量有很大的变化之故。

血液里的氧化物循环在组织的过程中,被还原而生成 CO_2 。血液里存在着以下可逆反应。



所生成碳酸氢钠在鳃或肺 CO_2 的张力小的部位就变成 CO_2 而排出。



Powers 氏等^[2]曾研究水里 O_2 和 CO_2 量与血液里 O_2 和 CO_2 量的关系。黄颡鱼的近种 (*Ictalurus punctatus*) 静脉血的 CO_2 量随水里 O_2 的增加而增加。但鲤的情况不很明了。该两种鱼血液的 CO_2 量,都和水里 CO_2 量的增加成比例增加,尤其鲤更为显著。*Ictalurus punctatus* 的血液里 O_2 量亦和水里 O_2 量成比例增加,而鲤的增加量很少。两种鱼血液里 O_2 量和水里 CO_2 量的关系很小。*Ictalurus punctatus* 静脉血的红血球数和水里 O_2 量的减少成反比例的增加,如果 O_2 量增加红血球就减少。它和水里 CO_2 的影响和以

上恰恰相反。

Powers 氏^[3]曾說明由于水里含有非常高浓度的 CO_2 量致使魚类窒息死亡,是由于水里 CO_2 的大量与小量相差以致引起混乱血液的交互补偿的緣故。魚类夜間虽然栖息于水底 CO_2 量很多的地区,对 CO_2 张力之差沒有交互补偿作用,亦能够生存,待天明魚浮出水面时,由于 CO_2 浓度差的变化很大,混乱血液的交互补偿遂致于死。

海魚类血液的 pH, 由种类和情况而有变化,通常是 pH7.2-7.9, 平均 pH 7.5。

(附) 海豹肌肉的血紅蛋白及氧的貯藏量

据 Robinson 氏^[4]的研究,海豹的鮮肉 1 公斤含有鉄 229 毫克,换算成血紅蛋白时,为每公斤 77.15 克。70 公斤的海豹含有与体内 70% 氧貯藏量 2.530 毫升相結合的肌肉血紅蛋白 1.890 克,如果海豹能利用其氧貯藏总量的 100%, 体内貯藏氧 5,375 毫升用于代謝作用,它就能够在水里潛伏 14.4 分钟。

第四节 氧和二氧化碳的呼吸量

氧和二氧化碳的呼吸量,受到各种条件的影响。例如温度、运动、魚体大小、时期、餌料、药物的作用等,都能使其受到影响。

把普通魚类保持飢餓状态,經過几天以上,便沒有摄取食餌的影响,然后测定其依靠体内物質的新陳代謝——即基础代謝作为标准。

表 171 就是按照魚类的呼吸算出它的代謝量(氧的消耗量是按照 1 升的氧作为 4.8 卡計算而得)。

表 171

魚的 种类	体重 (克)	体表面积 (平方厘米)	水温 (°C)	O_2 的消费量 (1公斤 24 小时)	R. Q.	仟 卡 (1 立方米 24 小时)	仟 卡 (1 公斤 24 小时)	实验者
金魚	36.5	99.0	12.0	0.785	0.715	18.50	5.02	Jolyet
金魚	106.0	201.6	12.0	0.617	0.733	21.25	4.03	Regnard
鯉	12.0	47.2	13.5	4.297	—	24.41	62.11	Pott
鰱	130.0	231.0	16.5	0.831	0.78	28.27	5.06	Knauthe

田村氏在夏季水温 25—26℃, 用沿岸鱼类 14 种在比较平静的状态下测定鱼类氧的消费量, 其结果如表 172 所示。

表 172 各种鱼类氧的消费量及基础代谢表

鱼 名 (中文名和学名)	水温 (℃)	尾数	总体重 (克)	测定次数	昼夜	O ₂ 的消费量 (毫升) 1 公斤 1 小时		按照氧的消费量所计算的基础代谢量 1 公斤, 1 小时
						平均 (毫升)	范围(毫升)	
旭穴鯊 (<i>Pseudobrennius colloides</i>)	25.0	5	36.0	4	昼	279.2	264.0—300.0	1.27
	25.0	5	36.0	4	夜	316.4	305.2—327.5	1.46
石鰻 (<i>Hoplongnatus fasciatus</i>)	26.0	4	68.0	5	昼	258.3	210.0—357.0	1.01
	26.0	4	68.0	1	夜	198.5	198.5	0.96
真沙魚 (<i>Acanthogobius flavimanus</i>)	25.0	5	85.0	4	昼	219.7	211.5—229.5	1.01
	25.0	5	85.0	3	夜	192.5	184.5—200.0	0.88
鼠鱚 (<i>Callionymus beniteguri</i>)	25.0	1	15.0	2	昼	188.0	152.0—224.0	0.73
	25.0	1	15.0	2	夜	172.5	144.0—197.0	0.69
黑鰈 (<i>Sebastes inermis</i>)	25.0	3	90.0	4	昼	176.8	171.0—183.2	0.82
	25.0	3	90.0	3	夜	164.0	159.0—174.5	0.76
龙宮鯙 (<i>Pterogobius zaccalles</i>)	25.0	5	60.0	5	昼	101.4	91.6—110.0	0.44
	25.0	5	60.0	10	夜	184.2	158.2—200.0	0.76
稚鰻 (<i>Physiculus japonicus</i>)	26.0	1	115.0	5	昼	146.1	120.0—191.2	0.58
	26.0	1	115.0	2	夜	171.7	166.0—177.5	0.80
六线魚 (<i>Hexagrammos otakii</i>)	25.5	1	143.0	3	昼	130.1	117.5—140.0	0.56
	25.5	1	143.0	2	夜	158.0	113.2—170.0	0.54
鰻鰤魚 (<i>Myxocephalus raiinus</i>)	25.0	1	95.0	3	昼	92.7	52.6—126.2	0.25
	25.0	1	95.0	2	夜	131.5	131.5—131.5	0.63
走鰻 (<i>Raja meerdervoortii</i>)	25.0	1	79.0	4	昼	87.1	54.4—93.6	0.26
	25.0	1	79.0	4	夜	93.9	70.8—122.7	0.34
鰻 (<i>Eneidrias nebulosus</i>)	25.0	5	80.0	2	昼	82.2	73.2—91.3	0.35
	25.0	5	80.0	2	夜	92.5	83.8—101.2	0.40
孙鱈 (<i>Limanda yokohamae</i>)	25.0	2	110.0	10	昼	77.2	65.4—93.6	0.31
	25.0	2	110.0	2	夜	76.1	64.6—81.8	0.31
草鰻 (<i>Azuma emmision</i>)	25.0	1	65.0	2	昼	76.1	71.7—80.5	0.34
	25.0	1	65.0	2	夜	53.5	51.5—55.4	0.24
鬼鰻 (<i>Imimicus japonicus</i>)	25.0	1	205.0	3	昼	48.1	41.0—58.8	0.20
	25.0	1	205.0	2	夜	43.6	42.8—44.6	0.20

看上表, 由魚的种类不同, 其同样体重 O₂ 的消费量很有差别。

最多的是旭穴鯊，日間 279.2 毫升，夜間 316.4 毫升，最少的是鬼鰐，日間 48.1 毫升，夜間 43.6 毫升，不过是前者的 1/6。前者是小型魚常在水槽里平靜的游泳，它在自然界栖息于甘藻、莫語花等密生的地方。后者是比較大形魚，在水槽里完全借鰓孔呼吸，稍稍活动，以營生活，在自然界常平靜的生栖于海底的砂上。

由于魚的种类不同，昼夜之間它的行动亦各有差別。有只在光綫強的日間活动的，相反的亦有只在夜間索餌游泳的，亦有不分昼夜都多少活动的。如果把昼夜分开观察其氧的消費状况，即能推定其活动情况是与氧的消費成比例的。在表 172 里：

(1) 日間多量消費氧的：石鯛，真鯊，草鰻。

(2) 昼夜氧的消費量沒有很大差別的：鼠鱗，黑鰐，斑魮，鰻，孫鰻，鬼鰐。

(3) 夜間增加氧的消費量的：旭穴鯊，龙宮鯊，稚鰻，六綫魚，鰻魮魚。

再把外国学者所发表的基础代謝量列記如下：

表 173 各种动物的基础代謝量表^[5]

动物的类别	动物的名称	体重(克)	温度(°C)	代謝量 1 公斤 1 小时卡	研究者
魚类	鯉 (<i>Cyprinus carpio</i>)	12.2	19.8	1.50	Knauthe
魚类	" "	1.27	20.8	0.35	Knauthe
魚类	大西洋鱒 (<i>Salmo trutta</i>)	218	15.0	1.06	Lindstedt
魚类	鰻 (<i>Anguilla vulgaris</i>)	17	24.5	0.66	Montuori
甲壳类	蜆蛄 (<i>Asiacus fluviatilis</i>)	32	15.0	0.30	Lindstedt
甲壳类	綠蟹 (<i>Carcinus maenas</i>)	56	16.0	0.30	Cohnheim
头足类	章鱼 (<i>Octopus vulgaris</i>)	35.5	24.5	0.48	Montuori
头足类	章鱼 (<i>Eledone moschata</i>)	12.0	16.0	0.85	Cohnheim
腹足类	蝸牛 (<i>Helix pomatia</i>)	4.7	20.0	0.44	Vernon
腹足类	海兔 (<i>Aplysia limacina</i>)	2.5—9.5	16.0	0.85	Cohnheim
瓣鳃类	贻貝 (<i>Mytilus edulis</i>)	25.0	14.0	0.06	Cohnheim
被囊类	石勒本 (<i>Ascidia mentula</i>)	69.0	24.5	0.02	Montuori
棘皮类	藤海參 (<i>Holothuria stellata</i>)	17.0	24.5	0.02	Montuori
棘皮类	馬英海胆 (<i>Sstrongylo centrotus lividus</i>)	35.5	24.5	0.13	Montuori
腔腸类	帶水母 (<i>Cestus veneris</i>)	70.0	20.0	0.02	Vernon

由于鱼体大小的氧消費量的差別

一般温血动物，大形的較小形的从身体表面多散发热量，从而，对于单位体重氧的消費量，体形愈小而愈大，但是对于其单位表面积沒有很大差別。

而冷血动物这样理論就不能成立。Khauth 氏曾就体重8.4—184克的 *Cyprinus linea* (鯉的一种) 測定其代謝量 (卡值)，体重愈大对于其单位体重的代謝量愈减少。但是 Montuori 氏使用欧洲产鰻 (*Anguilla vulgaris*) 3—135 尾所測定的結果和以上恰恰相反。

据田村氏^[5]用六綫魚所測定的結果，小形魚的消費量大，但不与表面的大小成比例，这是因为小形魚在成长过程中由于細胞的增殖及其他生活机能旺盛的緣故。

表 174

体长(厘米)	体重(克)	氧的消費量 1公斤, 1小时	水 温	时	測 定 数
21	143	130	26	昼	3
16	60	226	26	昼	3

由于温度影响的变化

据 Van't Hoff 氏所測定的豆或小麦 CO_2 呼出量的結果，发现在 $0-25^\circ\text{C}$ 之間，温度每变化 10°C ， CO_2 呼出量就增加 2.5 倍，提出了以下的公式：

$$Q_{10} = 2.5$$

以后他又証明其他許多化学变化、或生活現象，当温度每变化 10°C 时，物質的变化比率为 2—3 倍，很适合上式。

魚类的呼吸亦大略适合这个法則，表 175 中 Krogh 氏所測定結果証明了这点。

再掲載 Wiebe 氏等^[6]用大口黑鱸 (*Micropterus salmoides*) 的稚魚实验結果，如表 176 所示。(使用每升含有 6.1 毫升氧的水)

水中氧量的影响

魚类的呼吸由于水里氧量的差別所起的变化，根据 Hall 氏^[7]的

表 175

水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	魚 的 Q_{10}	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	魚 的 Q_{10}
0—5	10.9	15—20	2.5
5—10	3.5	20—25	2.2
10—15	2.9	25—27.6	2.2

表 176

温度	使用魚数	水的 $[\text{H}^+]$	魚 重 量	实验次数	氧的消费量(100克 1 小时)
15	3 尾	pH 7.5	66.5—68克	3	2.74 (毫升) 100%
20	3	7.5	66.5—68	2	4.86 177
25	3	7.5	66.5—68	2	7.74 282

实验将 3 种性质不同的海产鱼,即很活泼的鲷类(Scup),稍安静的河豚(Puffer)及很迟钝的鲛鰐(Toadfish),在 3 种不同含氧浓度的水里,所测定呼吸量的结果如图 51 所示。迟钝鱼类对于水里氧量的变化没有影响,而活泼鱼类的影响很大。

Hall 氏^[8]又测定以下 11 种鱼类能够呼吸的水里含氧的最低浓度,和血液 100 毫升里的含铁量及糖量以供参考。

观以上实验结果,一般鱼类在水中氧的分压 2—16 毫米 Hg 时能够吸收,但由于种类不同,其范围亦有几分差别。迟钝性定着鱼类虽有少量的氧亦能够利用,例如鲛鰐(Toadfish)虽有极微量的氧亦能够利用。而活动性洄游鱼恰恰相反,例如,鲑鱼水里虽溶存很多量的氧,如果把它放置于狭小的水槽里,因为不能迅速游泳,亦不能充分吸收氧,遂致于死。因为它

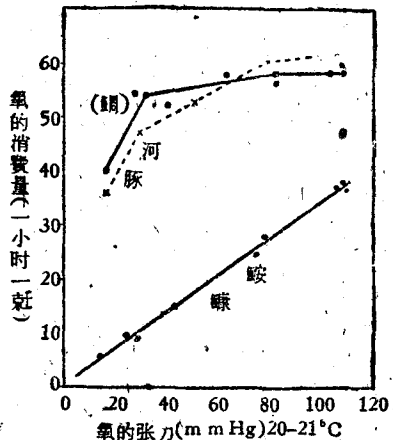


图 51 对于不同的水里的
氧量呼吸的变化

表 177

魚 的 种 类	試料尾数	氧的张力 (毫米 Hg)	飲量(毫克)	精量(毫克)
鲈魚 (Mackerel)	8	70.0	43.8	53.4
极乐記 (Rudder-fish)	10	15.1	21.8	67.7
青鱈 (Cunner)	8	14.8	27.7	—
鯛类 (Scup)	10	13.1	25.3	60.1
真鯷 (Butter fish)	12	11.8	27.4	63.9
魴鱒 (Sea robin)	9	8.5	23.7	38.8
目高魚 (<i>Fundulus</i>)	6	8.1	—	—
河豚类 (Puffer)	10	4.7	21.5	23.6
鱸 (Sea Bass)	8	3.2	—	—
Tautog 魚	8	1.6	18.0	19.6
蟾鰍 (Toad fish)	10	0.0	13.5	9.0

的鳃吸收氧的能力薄弱;需要水很快的流动与它相接触。

大型和肥盈的鳕由于氧的不足容易致死;小型和瘦弱的鳕由于外界的刺激兴奋容易致死。真鳕对于损伤刺激的抵抗力强,黑背鳕在氧缺乏时亦能够忍耐。水温高其毙死率增多,海水里含氧量如果每升达 15 毫升以下时,鳕的游泳状态就呈现异状。黑背鳕完全死灭后海水里的含氧量是每升 0.53 毫升;真鳕在临近死亡时挣扎扰乱,而溶解空气里的氧,所以在死亡时水中的氧含量高于 0.53 毫升。

紅鱈和蓝背鱈^[9]如果水里含氧量减少到 3.5 ppm 就变成苦悶状态,达 3.0 ppm 以下就有一些开始毙死,达 2.5 ppm 在短時間其大部分窒息而死。

受精卵氧的消費量

据 1908 年 Warburg 氏^[10]的研究,魚卵在受精的瞬間,氧的消費量增加,当細胞分裂时消費量更大。据高安氏等^[11]实验,鲑卵在孵化期間氧的消費量,自受精后到发眼期很少,发眼期以后稍增加,从孵化几日以前急激增加。且孵化后氧的消費量和成育日数按比例的增加。

Schlenk 氏^[12]曾研究“卵氧化目的是什么?”以及“这种氧化的机制如何?”等問題,把虹鱈卵在 10.3°C 和 10^{-6} 克分子的情况下进行

实验。受精当时氧的消费量很少，受精后随着日数次第增加，这种增加与氧化不完全或完全变成 CO_2 无关。氧的消费量和时间的对数成正比例的增加，然而氧的部分氧化，初期是 16.9%；后期减少到 7.9%，卵中分解物以蛋白质为主体，其氧化速度可用下列公式表示。

$$\frac{d\text{O}_2}{dt} = 1^{4.616+0.0857t}$$

$$\frac{d\text{CO}_2}{dt} = 1^{4.028+0.0922t}$$

t = 日数，

呼吸量的加倍，增加到一倍的时间，以氧的增加来讲是第 8 日；以 CO_2 的增加来讲是在第 7.4 日。

由于其他条件氧消费量的变化

幼鳟氧的吸入量^[23]，虽在流水速度相当变化的情况下亦没有什么变化。把幼鳟饲养于两个流速不同的水槽里，经过三个月后，用氨基甲酸乙酯(Urethan)使之麻醉，一同放置在密闭的槽里，经过 1.5 小时，再测定其氧的消费量。在流速快的水里饲养的 116 ± 4.5 毫升/公斤-小时，流速慢的 91 ± 7 毫升/公斤-小时。

把鳟^[24]从咸水移于淡水里，与各组织中水的渗入同时，在数小时内氧的消费量亦继续增加，该作用和水里氧的溶存量或氢离子浓度的变化都没有关系。

缺氧呼吸

人类如果处于完全无氧气的地方，数分钟内即全身发紫而死。但鱼类仅缺乏氧时似并不立刻死亡。

川本氏^[2]把鲑、鲇、金鱼放置于密闭装置的水里进行实验。水中的氧在几小时内通常达于极少量，而 CO_2 逐渐增加。鲑和鲇能够生存 2—8 小时以上；金鱼经 7—8 小时仍然健全，在此期间 CO_2 量大大增加。按这样事实观察，鱼类当含氧量在某种浓度以下时，就不能从水里吸收氧，而进入无气呼吸的阶段。鱼类其所以在这种情况下仍然健全的生存几小时，想是由于吸收体内分解所生成的氧。根据这样的结果，历来鱼在水槽里的缺乏氧致死可能还有其他原因。