

白鳧卵各胚胎发生阶段对高温突变、落下冲击和紫外线照射的感受性

邓亚光

柏木正章

岩井寿夫

(东京水产大学研究生院)

(日本国三重大学生物资源学部)

提 要 本研究将白鳧卵的胚胎发生过程严格区分为27个阶段,并就各不同发生阶段的卵对高温突变、落下冲击和紫外线照射的感受性进行了详细的比较研究,得出了卵裂早期和原肠晚期至胚孔封闭期的卵对高温突变的感受性高;卵裂晚期至胚体出现期,对落下冲击的感受性高;对紫外线照射的感受性,则以胚体出现期为最高。文中同时分析了这种不同环境因素作用于相同鱼卵的同一发生阶段,产生不同影响的原因;建议在鱼类资源保护和鱼苗生产的孵化管理上,应尽量避免感受性较高的相应环境因素变化对鱼卵的影响。

关键词 白鳧,胚胎发生,高温突变,落下冲击,紫外线照射,感受性

笔者曾就胡瓜鱼(*Hypomesus nipponesis* McAlister)、牙鲆(*Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel)、九线鱼(*Halichoeres poecilopterus* Temminck et Schlegel)和白鳧(*Sillago japonica* Temminck et Schlegel)四种鱼对高温突变的感受性和白鳧卵胚胎发生不同阶段对不同处理时间温度变化的感受性作过宣读⁽¹⁾⁽²⁾,并综合其他学者的研究结果^[4,6,9,11],推断一般硬骨鱼类,在卵裂期和原肠晚期至胚孔封闭期具有对高温突变较高的感受性;高温持续到孵化时,鱼卵胚孔封闭之前的温度耐性基本不变,从而可以认为胚孔封闭前的鱼卵,作为研究孵化、生存温度等的实验材料是可能的。白鳧作为一种食用和游钓鱼,具有三种特性:1.广泛分布于沿海水域,容易捕获;2.属多次产卵型,且产卵期长,能在较长时间内从同一雌亲鱼中获得成熟良好的卵;3.小型鱼,成熟期短,便于在水槽等小水体中饲养,是非常理想的实验材料。以往学者对其胚胎发生过程中单因素影响方面报导较多,而在多因素影响的比较上,所见报导较少。有鉴于此,作者们对白鳧卵胚胎发生的不同阶段,对高温、落下一次机械性冲击和紫外线照射的感受性进行了连续的比较研究,以求为解释同一种鱼卵在不同胚胎发生阶段,对同一种环境因素的感受性不同和在同一胚胎发生阶段,对不同环境因素的感受性不同的现象,也为鱼类资源保护和鱼苗生产的孵化管理提供有效的参考资料。

收稿年月:1989年9月;1990年2月修改。

(1) 邓亚光等,1987. 鱼卵の発生过程における高温感受性期。昭和62年日本水产学会中部第2回例会讲演要旨集。

(2) 邓亚光等,1988. シロギス卵の高温側孵化限界温度。昭和63年日本水产学会春季大会讲演要旨集。

材料和方法

1987年7月6日在日本国三重县英虞海湾钩捕的白鲮亲鱼(雌12尾,雄9尾,共21尾;体重15—104.0g,体长10.5—19.8cm),饲养在三重大学水产学部附属水产实验所室外水泥池(长2.5m,宽1.5m,水深0.5m),使其自然产卵。7、8月产出的卵(卵径0.66mm,产卵时水温24°C)作为实验材料。对照组鱼卵饲养在产卵水温24°C,盐份浓度为白鲮最适孵化盐度Cl-18.0‰(用Allen人工海水配方配制成2倍浓度的人工海水,以该海湾过滤的自然海水为基准,调制而成)的水质条件下。

温度突变处理范围为32—39°C,1°C的间隔,共设有8个处理水平。实验鱼卵预先置于对照水质条件下的25个1升体积的烧杯中。从受精后不久到孵化,对25个胚胎发生阶段的鱼卵进行了处理,间隔时间为0.5—1小时。每次处理取同一烧杯中鱼卵,分别放入各处理温度的100ml玻璃试管的饲养水中,卵数约为50—100粒。处理15分钟后,再放回到对照水温下,与未处理卵于同等条件下孵化。

落下一次机械性冲击实验,是采用图1装置,于13个胚胎发生阶段,从对照组条件下取出鱼卵,给予落下一次机械性冲击后,重新放回到与对照组相同条件下孵化。落下高度分别为10、30、50、70和100cm。未经落下冲击的各发生阶段的卵作为对照。

紫外线照射实验,使用15W的双管杀菌灯,将鱼卵在培养皿中平铺一层,距灯管50cm的高度下,从卵的同一方位分别照射5秒(286erg/mm²)、10秒(572erg/mm²)、30秒(1716erg/mm²)、60秒(3432erg/mm²)和120秒(6864erg/mm²)后,各自放回原对照环境中孵化。受照射的发生阶段为14个,各阶段分别设置对照组以作比较。

各实验处理后的鱼卵,观察其发生状况,游泳和鱼体异常的作为畸形,在孵化后立即计算出总孵化率和正常孵化率。以孵化率为50%的处理强度作为各环境因素的处理上限,进行比较。由于发生过程中出现的死卵会沉下,而每次处理力求使用质量好的卵,故在估算50%孵化率的处理强度上限时,是相对于各发生阶段对照组孵化率的50%而言,用比例法求得的。

结 果

(1) 白鲮卵胚胎发生过程 本实验将白鲮卵的胚胎发生共划分为27个主要阶段(图版),各阶段的处理卵依此特征判断发生时期。

(2) 高温突变的感受性 高温处理的实验结果如表1所示。对照组的总孵化率和正常孵化率分别为70.6—100%和68.6—100%。经15分钟32°C处理过的,从1细胞期到囊胚中期的卵,总孵化率为75.0—100%,正常孵化率为73.5—98.2%,与对照组基本无差异;33°C以上的处理卵,孵化率有明显的下降。囊胚晚期之后的卵,经34°C以上的温度处

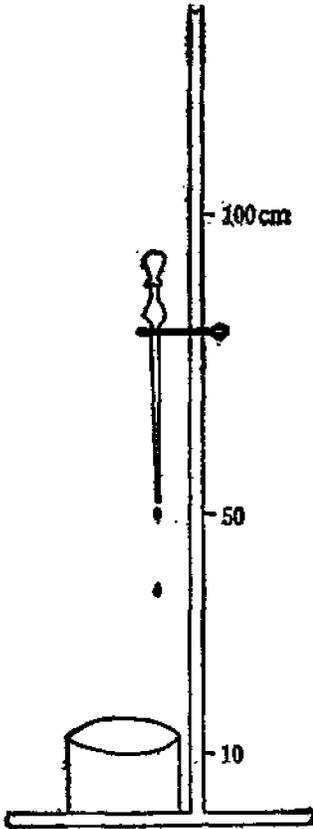
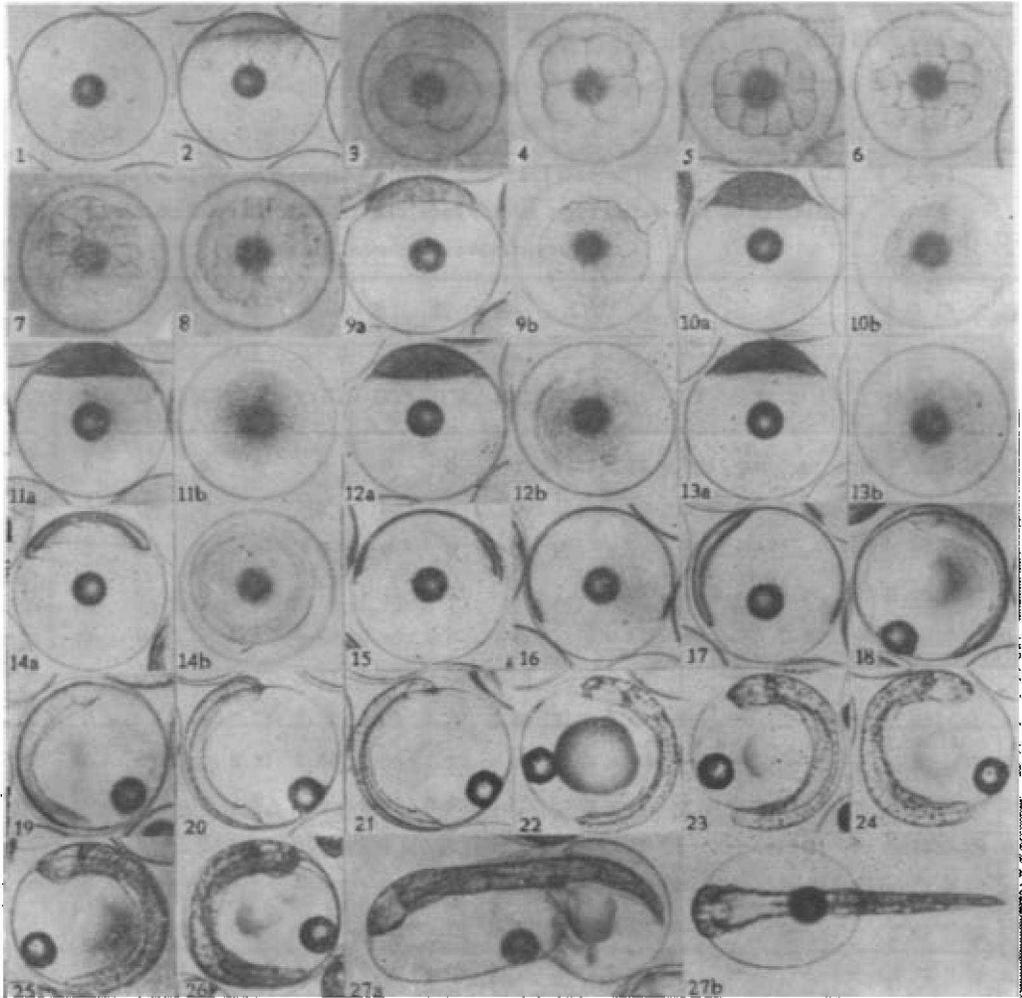


图1 白鲮卵落下冲击实验装置
Fig. 1 Drop shock device for
Sillago japonica eggs



图版 白鲢鱼卵胚胎发生过程(1-27b), × 50

Plate Developmental stages of *Sillago japonica* egg (1-27b), × 50

1.受精卵; 2.1 细胞期(30分钟); 3.2 细胞期(40分钟); 4.4 细胞期(50分钟); 5.8 细胞期(1小时); 6.16 细胞期(1小时20分钟); 7.32 细胞期(1小时30分钟); 8.64 细胞期(2小时); 9a,9b. 桑椹早期(2小时20分钟); 10a,10b. 桑椹晚期(3小时); 11a,11b. 囊胚早期(3小时30分钟); 12a,12b. 囊胚中期(4小时); 13a,13b. 囊胚晚期(5小时); 14a,14b. 原肠早期(6小时); 15.原肠中期(7小时); 16.原肠晚期(7小时30分钟); 17.胚体出现期(8小时30分钟); 18.眼囊期(9小时30分钟); 19.体色素出现期(10小时); 20.胚孔封闭期(10小时30分钟); 21.8 体节期(11小时); 22.耳囊期(13小时); 23.心脏出现期(15小时); 24.晶体出现期(16小时); 25.尾鳍分离期(18小时); 26.胚体运动期(19小时); 27a,27b. 孵化期(20小时)。

理,其孵化结果随发生阶段而变化。图 2-A 表示了各发生阶段处理温度上限的变化。可以看出,特别在卵裂早期和原肠晚期至胚孔封闭期有明显下降。也就是说,总孵化率的处理温度上限(实线部分)在 1—64 细胞期时约 33.5°C,属最低水平。随着卵裂的进行,呈上升状态,至囊胚晚期和原肠早期高达 37.4°C,之后又于原肠晚期明显下降,胚体出现期较低,为 34.8°C;胚孔封闭期后又回升到较高水平,直至孵化完毕。正常孵化率的处理温

度上限(虚线部分)也表现了与总孵化率相同的变化。由此可知,白鲢卵在卵裂早期和原肠晚期至胚孔封闭期的两个发生阶段,处理温度上限最低,亦即对高温突变的感受性最高。

表1 白鲢鱼卵各不同发生阶段受15分钟温度变化处理后的总孵化率和正常孵化率
Table 1 The percentages of total (TH) and viable hatch (VH) of the Japanese whitefish *S. japonica* eggs which received 15-min thermal shock at different developmental stages

受精后 时间 (h)	对照组		处 理 温 度 (°C)																	
	TH	VH	82	83	84	85	86	87	88	89	TH	VH	TH	VH	TH	VH	TH	VH		
0.5	70.6	68.6	75.0	73.5	100	81.8	14.3	11.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
1.0	71.7	70.7	98.6	95.8	76.9	70.4	27.6	24.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
2.0	72.7	72.7	100	96.7	62.4	56.1	11.8	8.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
3.0	78.8	69.7	79.4	76.5	65.5	58.4	59.2	59.1	72.4	55.2	31.8	31.8	0	0	0	0	0	0	—	—
4.0	88.9	86.7	100	98.2	93.9	93.9	98.0	91.2	75.0	68.2	54.0	43.7	28.6	0	0	0	0	0	—	—
5.0	97.6	97.6	—	—	—	—	87.8	80.5	69.6	60.9	76.2	55.6	77.6	60.3	0	0	0	0	0	0
6.0	100	100	—	—	—	—	95.7	95.7	87.5	87.5	72.4	62.1	57.7	57.7	0	0	0	0	0	0
7.0	100	98.1	—	—	—	—	95.6	93.3	94.4	61.1	56.5	56.5	12.2	10.2	0	0	0	0	0	0
7.5	83.3	83.3	—	—	—	—	72.4	65.5	87.5	18.8	8.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.0	83.3	77.8	—	—	—	—	56.8	51.4	10.5	0	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	77.8	77.8	—	—	—	—	45.8	38.9	42.1	30.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.0	89.7	87.2	—	—	—	—	63.0	61.1	27.6	27.6	20.7	17.2	5.9	2.9	0	0	0	0	0	0
9.5	84.2	78.9	—	—	—	—	78.3	76.1	50.0	48.1	22.2	13.9	21.2	9.1	0	0	0	0	0	0
10.0	98.2	98.2	—	—	—	—	91.4	91.4	66.7	58.3	50.0	44.1	13.0	8.7	0	0	0	0	0	0
10.5	87.7	78.9	—	—	—	—	91.0	91.0	90.8	83.9	78.7	73.1	13.0	9.3	0	0	0	0	0	0
11.0	86.5	78.4	—	—	—	—	92.3	90.8	90.4	85.8	88.9	84.7	43.1	32.7	7.1	0	4.8	0	0	0
12.0	81.4	76.7	—	—	—	—	90.6	90.6	89.6	83.6	78.6	76.2	43.1	34.5	36.8	23.7	3.0	0	0	0
13.0	74.6	74.6	—	—	—	—	80.8	80.8	68.1	68.1	76.8	75.0	50.0	50.0	12.0	8.0	0	0	0	0
14.0	84.4	82.8	—	—	—	—	80.0	76.0	82.7	82.7	77.0	76.0	53.8	48.8	24.4	17.1	0	0	0	0
15.0	88.9	88.9	—	—	—	—	67.8	66.1	66.7	64.4	77.5	75.0	57.5	47.5	28.0	24.0	7.4	0	0	0
16.0	100	100	—	—	—	—	98.1	94.2	100	100	100	98.2	90.9	84.8	87.5	75.0	0	0	0	0
17.0	98.7	94.7	—	—	—	—	98.8	97.7	100	98.1	100	94.4	98.1	94.3	100	94.7	0	0	0	0
18.0	98.6	97.1	—	—	—	—	100	98.5	100	98.5	100	97.5	100	95.4	100	75.0	0	0	0	0
19.0	100	94.1	—	—	—	—	100	100	100	97.8	95.5	93.2	100	97.4	96.8	71.0	72.7	0	0	0
20.0	100	98.4	—	—	—	—	96.3	92.6	98.8	97.5	97.5	92.5	97.5	67.5	93.3	46.7	60.7	0	0	0

注: TH—总孵化率(%), VH—正常孵化率(%),表中“—”为未处理,其他表类同。

(3) 落下一次机械性冲击的感受性 落下冲击的实验结果如表 2 所示。对照组各发生阶段的总孵化率和正常孵化率分别为 89.1—100% 和 84.8—100%；10cm 高度的落下冲击，总孵化率为 93.6—100%，正常孵化率为 82.9—100%，与对照组相似。30—100cm 高

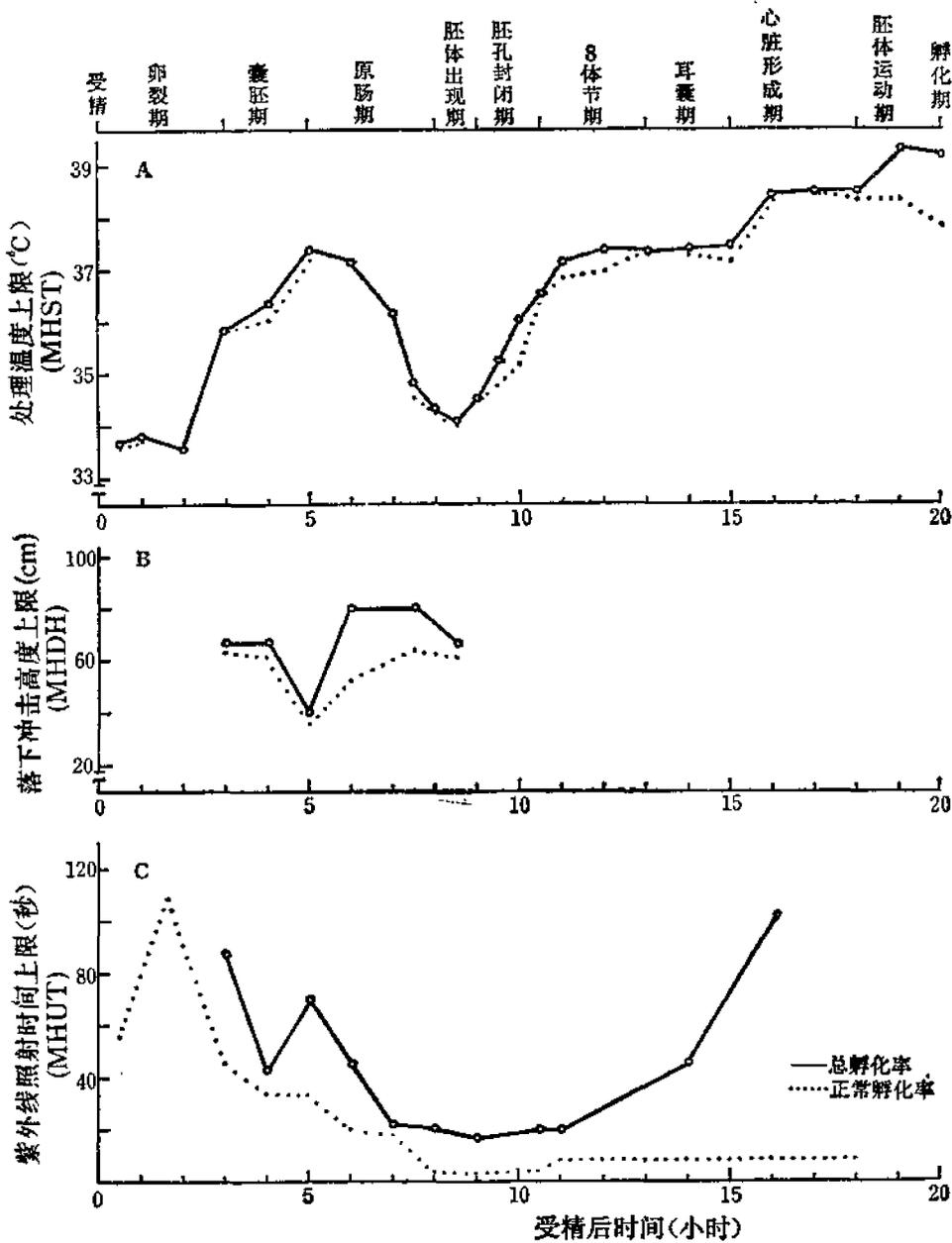


图2 白鲢卵胚胎发生过程中总孵化率和正常孵化率的处理温度上限(°C)、落下冲击高度上限(cm)及紫外线照射时间上限(Sec)的变化

Fig. 2 Changes in the median hatchable shock temperature (MHST, °C), drop height (MHDH, cm) and ultraviolet irradiation (MHUT, sec) for total and viable hatch during the egg development of *S. japonica*.

度的落下冲击处理,从胚孔封闭期到孵化,两孵化率分别为83.3—100%和83.3—96.7%,同落下高度未表现出相关趋势,也与对照组无异,其50%孵化率的落下高度均在100cm以上。然而,胚体出现期之前的各发生阶段,两孵化率却有明显的下降和变化。孵化的落下冲击高度上限,除卵裂晚期到胚体出现期外,均在100cm以上,本实验未能求出(图2-B)。这就说明,白鱈卵在卵裂晚期至胚体出现期,对落下一次机械性冲击的感受性高。

(4) 紫外线照射的感受性 紫外线照射后的各发生阶段鱼卵孵化结果如表3所示。对照组胚胎发生各阶段的总孵化率和正常孵化率分别为90.0—100%和85.0—100%;紫外线照射后的卵,两孵化率均有明显下降,而其程度则依发生阶段而变化。30秒以上的照射,除卵裂早期有正常鱼孵化之外,囊胚期以后基本无正常鱼苗孵出。如图2-C所示,除卵裂期总孵化率的紫外线照射时间上限(实线部分)在120秒以上之外,整个胚胎发生过程中,以胚体出现期为最低,总孵化率为7.7秒,正常孵化率为2.5秒。即胚体出现期的白鱈卵对紫外线照射的感受性最高。

讨 论

有关环境因素对鱼卵胚胎发生的影响,在多种因素影响的比较上,所见报导极少。笔者对白鱈同一种卵,就其不同发生阶段对高温突变、落下一次机械性冲击和紫外线照射的感受性进行了反复实验⁽⁸⁾,得出了相似的结果。

卵裂期和原肠晚期至胚孔封闭期的白鱈卵对高温突变的感受性高,这与Oozeki(1985)^[10]的报导类同。

鱼卵对落下等机械性冲击,在特定的发生阶段表现出较高的感受性。这已在*Oncorhynchus masou*^[2]、*O. kisutch*^[6]、*Salmo gairdneri*^[12]、*Gasterosteus aculeatus*、*Enchelyopus cimbrius*^[9]和*Gadus macrocephalus*^[18]等有过报导。这些鱼从受精到眼点期(胚孔封闭期前后)的感受性变化依鱼种类和机械冲击方法而多少有些差异,但眼点期之后明显降低的现象却表现出与本实验相一致的结果。

紫外线照射对鱼卵不同发生阶段的影响,Hinrichs^[7]就*Fundulus heterolitus*卵发表了卵裂期感受性最高的报导,畑^[3]则对*Oncorhynchus masou*发表了眼点期前后感受性最高的结果。与这些结果相比,笔者每次对白鱈卵以相同方位、连续的发生阶段的照射,均以胚体出现期为最高。

以上结果,虽然与以往学者所用鱼类和结果不尽相同,但就白鱈这一种鱼来讲,不同环境因素对胚胎发生产生不同的影响,其结果是非常明了的。究其原因,则可能与各环境因素的处理方法、因素本身的性质和作用机制的不同有关。温度变化影响新陈代谢和发生速度,突然的温度变化甚至会导致卵膜、卵黄膜的破裂。就相同鱼卵来讲,笔者认为这种影响的程度,在各发生阶段应该是一定的,而差异则可能与胚胎发生过程的特性有关。卵裂期对温度突变的感受性高,可能与此阶段卵裂球大而少有关,即一个卵裂球受影响会对整个卵产生生死相关的结果,卵裂的同步性高,更加重了这种影响的程度,所以此阶段

(8) 邓亚光,1988。水温などの环境要因が魚卵の発生に及ぼす影响。三重大学修士论文。

对温度变化是敏感的。随着卵裂的进行,卵裂球增多,卵裂也由同步变向异步,则对温度突变的敏感性会有所降低;然而,当进入原肠晚期和胚体出现期,正处于基因表达的活跃状态^[1],细胞发生分化等一系列化学变化。温度变化可能会导致发生过程中化学平衡的混乱,产生异常的细胞分裂,而提高卵对温度突变的敏感性;尔后,随着分化组织的定形和器官形成的进行,胚孔封闭,内部环境逐步趋于稳定的同时,对外界环境温度变化的抵抗能力会有所增加而导致感受性的降低。

落下一次机械性冲击,相对来讲属于物理性作用。卵膜吸水后,桑椹期、囊胚期和原肠期,卵裂球隆起较高,加上又有内腔构造,容易受到冲击的机械损伤,破坏腔状结构;胚体形成和胚孔的封闭,密切了与卵黄本身的程度,从而降低了对落下冲击的感受性。

紫外线照射作用,实际上是对遗传物质的杀伤作用,这在用紫外线照射精子生产雌核发育鱼方面已得到广泛应用^[14]。本实验受照鱼卵,孵化的畸形鱼出现率高,也是一个证明。同方位的照射,卵裂早期,卵裂球体积较大,核周边的细胞质相对较多,照射时需要相对较大能量的紫外线穿过细胞质而作用于细胞核;随着卵裂球的小型化,同等能量的紫外线照射,对细胞核的影响程度逐渐增大,杀伤细胞,致死鱼卵的可能性也大,特别是胚体出现期。机能分化的细胞,基因表达处于高峰,紫外线照射造成遗传性的缺陷,产生畸形死亡,故感受性最高。随后,器官形成的同时,感受性会有所下降。其中,与 Hinrichs^[7]报导的类同,笔者观察到白鲢卵在卵裂期细胞分裂途中(约受精后30分,1细胞开始分裂),对紫外线照射亦具有较高的感受性,但仍以胚体出现期前后为最高。从整体看来,胚体出现期之前的胚胎,被照射后畸形率较低,胚体出现期后,畸形率明显升高,从鱼苗生产需要健壮鱼苗的角度讲,胚体出现期之后的胚胎,对紫外线照射的感受性,仍属于较高水平状态。

根据白鲢卵对不同环境因素的感受性不同,并在胚胎发生过程中表现出不同形式的变化,笔者认为,在鱼类资源保护和鱼苗生产的孵化管理上,应尽量避免相对感受性较高的发生阶段时的环境因素的影响。如对发电站等的温热水进行合理处理,防止其温度变化超出鱼卵的忍耐限度;在孵化管理上,避免鱼卵在卵裂期和原肠晚期至胚孔封闭期,受到较大温度变化的影响;在胚孔封闭期之前,防止鱼卵受到较大的机械性振动和冲击;在胚体出现期之后,更要避免太阳光等含有紫外线等杀伤性光源的直射。这都将对维护鱼类资源和高效率的鱼苗生产,起到事半功倍的收效。同时,对这种不同环境因素影响胚胎发生的机制,有必要从生物化学和分子发生生物学的角度,进一步研究和阐明。

参 考 文 献

- [1] 荒井克俊,1986。サケ・マス類交雑種の発生遺伝学。水产育種,11:1—11。
- [2] 畑久三,1927。鱒卵ニ及ボス四種ノ振動ノ影响ニ就テ。水讲试报,23(3):105—109。
- [3] 畑久三,1933。紫外线が鱒卵の孵化に及ぼす影响に就て。农化志,7(1):46—51。
- [4] Battle, H. I., 1930. Effects of extreme temperatures and salinities on the development of *Enchelyopus cimbrius* (L.). *Contrib. Can. Biol. and Fish (n. s.)*, 5: 107—192.
- [5] Battle, H. I., 1944. Effects of dropping on the subsequent hatching of teleostean ova. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 6(3): 252—256.
- [6] Frank, M. L., 1974. Relation sensitivity of different developmental stages of carp to thermal shock. In "Thermal ecology" (ed. by J. W. Gibbons and R. R. Sharitz), 171—176. Technical in-

- formation center. U. S. Atomic energy commission.
- [7] Hinrichs, M. A., 1925. Modification of development on the basis of differential susceptibility to radiation. *J. Morph. Physiol.*, 41(1): 239—265.
- [8] Jensen, J. O. T. and D. F., Alderdice, 1983. Changes in mechanical shock sensitivity of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) eggs during incubation. *Aquaculture*, 32: 303—312.
- [9] Hopkins, S. R. and J. M., Dean, 1975. The response of developmental stages of *Fundulus* to acute thermal shock. in "Physiologic ecology of estuary organisms" (ed. by S. J. Verberg), Univ. South Carolina Press, 301—318.
- [10] Oozeki, V. and B., Hirano, 1985. Effects of temperature changes on the development of eggs of the Japanese whiting *Sillago japonica* Temmink et Schlegel, *Bull. Japan. Soc. Sic. Fish.*, 51(4): 557—572.
- [11] Paris, J. et al., 1976. Effects des chocs thermiques sur le developpement embryonnaire de L'oeuf de Loup *Dicentrarchus labrax* (L.): Stades critiques et stades de resistance. *J. Thermo-Ecol. Cont. Oceanol. Bretagne*, 15—16: 190—202.
- [12] Post, G. et al., 1974. Survival of rainbow trout after receiving physical shocks of known magnitude. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 4: 711—716.
- [13] Rollefson, G., 1932. The susceptibility of Cod eggs to external influences. *J. Conseil.* 7(3): 367—373.
- [14] Suzuki, R. et al., 1985. Survival, growth and fertility of gynogenetic diploids induced in the cyprinid loach, *Misgurnus*. *Aquaculture*, 48: 45—55.

THE EGG SENSITIVITY AT DIFFERENT DEVELOPMENTAL STAGES OF *SILLAGO JAPONICA* TO THERMAL SHOCK, DROP SHOCK AND ULTRAVIOLET IRRADIATION

Deng Yaguang

(Graduate School of Tokyo University of Fisheries)

Masaaki Kashiwagi and Tosho Iwai

(Faculty of Bioresources Mie University)

ABSTRACT In this study, the normal embryonic development of *Sillago japonica* egg was divided into 27 stages from fertilization to hatching. The sensitivity of eggs to thermal shock, drop shock and ultraviolet irradiation at each developmental stages were compared. Elevation of temperature greatly affects the development particularly during two periods, the early cleavage stage and the stage of late gastrula to closure of blastopore. Drop shock sensitivity during late cleavage to appearance of embryo was higher than that in the other stages. However, in the case of ultraviolet irradiation, the stage of appearance of embryo revealed the highest sensitivity. In this paper, the reasons for the different effects observed at similar developmental stages on the fish egg were described, and suggestion for avoiding these environmental effects on fish eggs at their higher sensitivity developmental stages was also made for the protection of fisheries resource and process of egg

incubation.

KEYWORDS *Sillago japonica*, embryonic development, thermal shock, drop shock, ultraviolet irradiation, sensitivity

世界渔业大会将在希腊举行

由世界水产科技工作者发起的世界渔业大会将于1991年4月14—19日在希腊雅典召开。这是世界水产界的科学家首次共同参与的一次盛会。中国水产学会、中国海洋湖沼学会和中国的台湾省水产学会都是这次大会的顾问委员单位。中国作为世界渔业大国,为了显示我们的科技成就,赢得我国在世界上应有的地位,欢迎全国水产界的人士参加这次盛会。会议旨在交流科技信息,评估世界渔业资源状况以及促进国际间的科技合作。本次大会的主要议题有:

1. 海湾近海、公海、河流、溪流、湖泊、池塘;滩涂浅海,河口及主要水域的渔业自然环境条件,全球性的污染,大气中的变化,废水和废物的处理。

2. 渔业资源的利用及政策。

3. 生物多样化的开发(基因、环境、引进)。

4. 资源的评估方法与渔业管理。

5. 国际开发项目的有关问题。

6. 水产养殖在世界渔业中的作用。

有关会议的详细情况请与下列单位联系:

World Fisheries Congress
American Fisheries Society
5410 Grosvenor Lane, Suit 110
Bethesda, MD. 20814 USA

中国水产学会学术交流处
北京西单民丰胡同31号
邮政编码 100032