


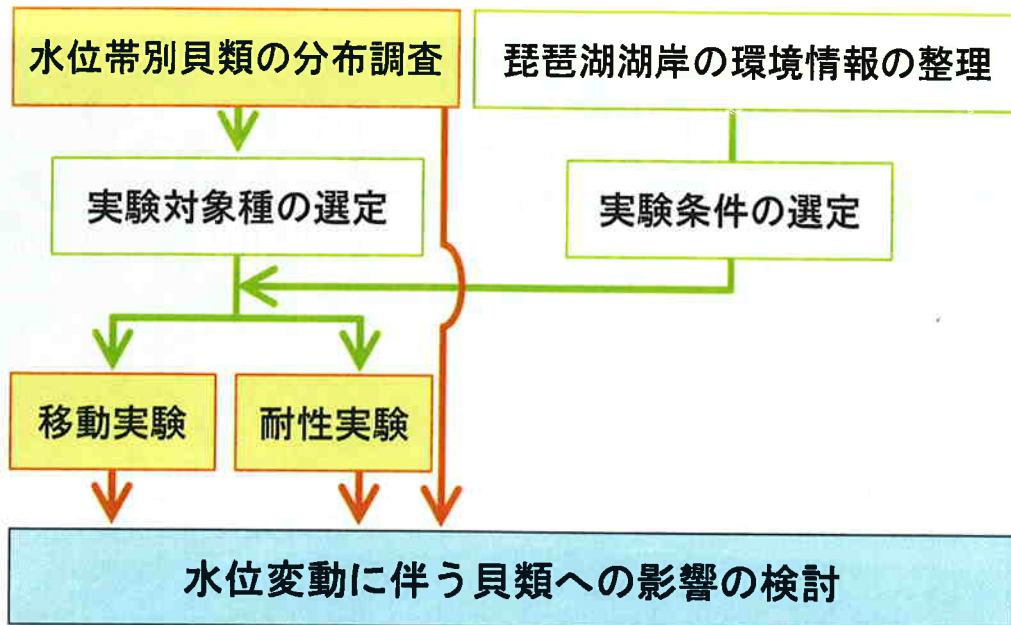
資料-7
水陸移行帯WG
平成17年3月15日

琵琶湖水位変動による 貝類への影響評価



国土交通省近畿地方整備局
琵琶湖河川事務所

水位変動による貝類への影響評価フロー



調査目的及び調査内容

■ 調査目的

本調査は、水位低下時における大型底生動物（貝類）の移動速度や反応等及び水位低下によって干出した貝類の生存率を把握することを目的として、既存資料調査、実験を実施した。なお、岩礁帯に生息する貝類については、生息環境の再現が困難なため、調査対象としなかった。

■ 調査内容

- ①水位帯別貝類の分布状況（水資源機構 2004年実施）
- ②水位変動による貝類の移動実験
- ③水位低下による貝類の耐性実験

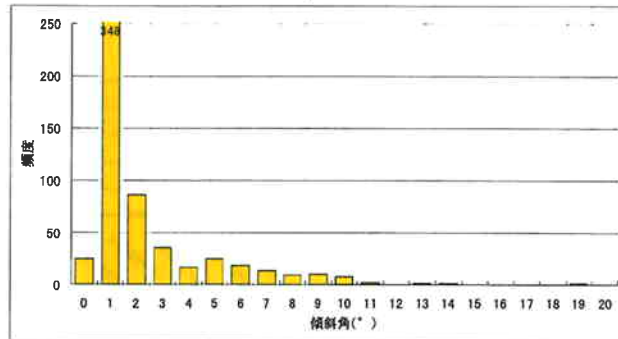
琵琶湖湖岸の環境情報の整理

- 水位が低下すると溜まり環境が広く生じる。



水位低下で出現した溜まり環境

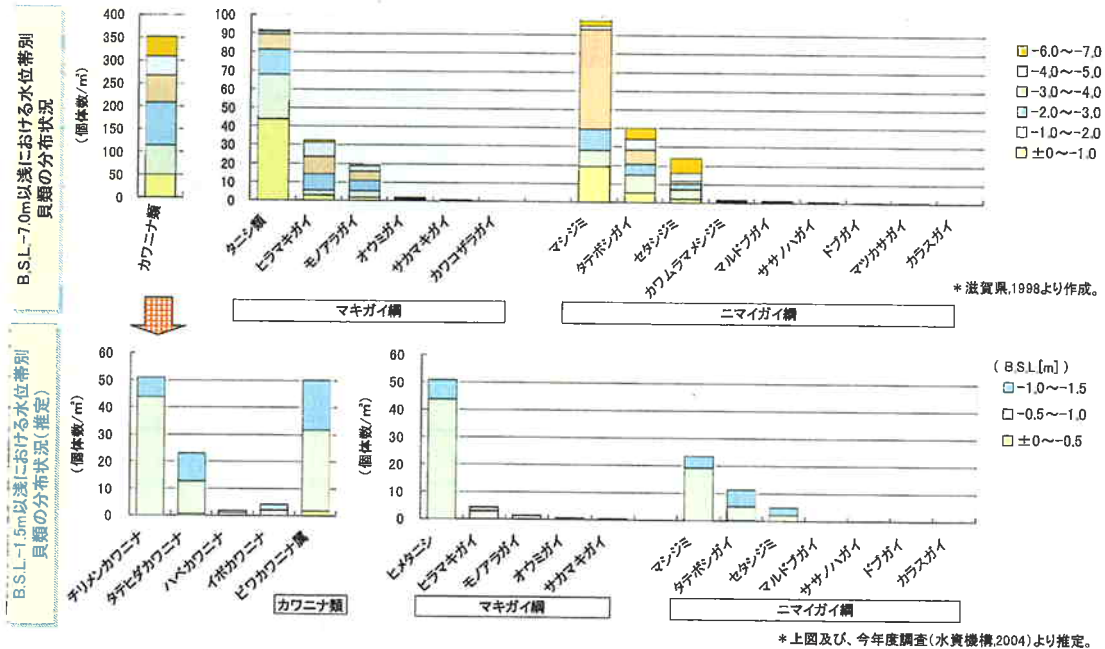
- B. S. L. -1.5m以浅の湖底は、傾斜角1°が58%と最も多い。



傾斜角の頻度分布

- ・ 傾斜角1° の水位低下によって溜まりが生じる環境を琵琶湖湖岸の代表地形とした。
- ・ 傾斜角の頻度分布図は、水資源機構(2002)「平成14年度琵琶湖水環境調査業務」の琵琶湖全域109測線で得られた高さデータで計測された傾斜角のうち、B. S. L. -1.5m以浅のデータより作成した。

貝類の水位帯別分布状況



・上段のグラフでは、滋賀県水産試験場(1998)の結果(以下、55測線調査とする)より、B.S.L.-7.0mまでの1.0m毎の水位帯別貝類の分布状況を把握した。さらに、下段のグラフでは、水資源機構(2004)の結果(以下、3測線調査とする)より、水位変動の影響が考えられるB.S.L.-1.5m以浅について、0.5m毎の水位帯別貝類の分布状況を推定した。

<上段のグラフについて>

- ・滋賀県が実施した55測線調査〔平成7年度琵琶湖沿岸帯調査報告書(滋賀県水産試験場, 1998)〕より、琵琶湖全域の貝類を、B.S.L. 1.0m毎に図示した。
- ・生息密度は、カワナ類、タニシ類、マシジミ、タテボシガイ、ヒラマキガイ、セタシジミ、モアラガイの順で多く、それ以外の生息密度は極めて低い。

<下段のグラフについて>

- ・水位変動の影響が考えられるB.S.L.-1.5m以浅の分布状況は、55測線調査結果からは詳細なデータが得られなかった。そのため、今年度実施した3測線調査(水資源機構, 2004)の結果より「カワナ類の種別分布状況」と、「0.5m毎の分布状況」を推定した。
- ・「カワナ類の種別分布状況」は、3測線調査結果より、カワナ類の5種別の割合を算出し、55測線調査のカワナ類に掛け合わせて推定した。
- ・「0.5m毎の分布状況」は、3測線調査結果より、0~0.5mと0.5~1.0mの割合、1.0~1.5mと1.5m~2.0mの割合を算出し、それぞれ55測線調査の0~1.0m、1.0m~2.0mに掛け合わせて推定した。
- ・B.S.L.-0.5m以浅の生息密度は低い。B.S.L.-1.0m~-1.5mの生息密度は、ヒメタニシ、ビワカワナ属、マシジミ、タテヒダカワナ、タテボシガイの順が多かった。

注1) カワコザラガイ、カムラマシジミ、マツカサガイは55測線調査で、B.S.L.-2.0m以浅での分布の確認がなく、ササノハガイ、カラスガイ、ドブガイ、マルドブガイは、55測線調査でB.S.L.-2.0m以浅での分布が確認されているが、3測線調査では分布が確認されなかった。

注2) 55測線調査結果で、タニシ類のほとんどはヒメタニシであったと記載されていたため、タニシ類はヒメタニシのデータとして扱った。

●実験対象種の選定

分類	種類	選定理由			実験対象種	備考5)
		B. S. L. -1.5m以浅で分布を確認	B. S. L. -1.0m以浅で分布を確認	水位低下の影響があった種		
巻貝	マメタニシ			○		小型。主に水草、礫浜等に生息。
	オウミガイ	○	○	○		小型。岩礁帯等に生息。
	モノアラガイ		○			小型。主に水草、礫浜等に生息。
	カドヒラマキガイ	○		○		小型。礫浜等に生息。
	サカマキガイ	○				小型の外来種。人口湖岸等広く分布。
	ヒメタニシ	○	○	○	★	中型。砂泥底～泥底に広く生息。
	タテヒダカワニナ (<i>Biwamelania</i> 亜属)	○	○		★	<i>Biwamelania</i> 亜属3種の中では、タテヒダカワニナが底質に選択性がなく、同定が容易なため、選択した。
	ハベカワニナ (<i>Biwamelania</i> 亜属)	○				
	イボカワニナ (<i>Biwamelania</i> 亜属)	○				
	チリメンカワニナ	○				
		※カワニナ類で記載あり			★	砂泥底～泥底に広く生息。
二枚貝	ドブガイ		○	○	★	魚類が産卵に利用。
	タテボシガイ	○	○	○	★	魚類が産卵に利用。
	マシジミ	○	○		★	シジミ類の中では、セタシジミより移動能力が高いマシジミを選定した。
	セタシジミ	○	○	○		

■ 水位低下の影響が考えられる14種のうち、現地調査及び既存資料整理等から、6種を実験対象種に選定した。

* なお、小型巻貝及び岩礁帯に生息する貝類は、実験施設による生息環境の再現が困難なため、対象種から除外した。

<選定理由について>

- ・ B. S. L. -1.5m以浅で分布を確認：水資源機構（2004）による3測線調査の結果において、B. S. L. -1.5m以浅で分布が確認された種（資料①）。
- ・ B. S. L. -1.0m以浅で分布を確認：滋賀県水産試験場（1998）による55測線調査の結果において、B. S. L. -1.0m以浅で分布が確認された種（資料②）。
- ・ 水位低下の影響があった種：既存資料を参考に、1984年または1994年の渇水時に影響があったとされた種（資料③、④、⑤、⑥）。

<参考とした既存資料>

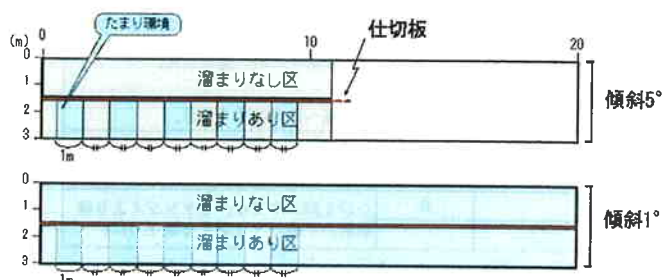
- 資料①：水資源機構（2004）琵琶湖沿岸貝類調査
- 資料②：滋賀県水産試験場（1998）平成7年度琵琶湖沿岸帯調査報告書，滋賀県水産試験場
- 資料③：美馬・堤・近藤（1996）琵琶湖の水位変動が貝類に及ぼした影響，大阪教育大学紀要自然科学・応用科学，Vol. 45(1)
- 資料④：西野（1996）1994年の水位低下とその影響 3，1994年の水位低下からの底生動物群集の回復過程，滋賀県琵琶湖研究所所報：，Vol. 13
- 資料⑤：西野（2003）水位低下が底生動物に与えた影響について，琵琶湖水位低下影響調査報告書（底生動物）より，滋賀県琵琶湖研究所所報，Vol. 20
- 資料⑥：西野（1986）琵琶湖の水位低下と生物，滋賀県琵琶湖研究所所報 滋賀県琵琶湖研究所，Vol. 4

移動実験

●方法

水位変動速度を人為的にコントロールし、水位変動に伴う貝類の反応、移動軌跡等を実験により把握した。

【実験実施区（断面図）】



実験区の全景（傾斜角5°）



再現した溜まり環境の状況

※赤枠内が溜まり環境

<実験期間>

- ・第1回実験：6月8日～7月9日（4日×4回）
- ・第2回実験：8月10日～9月10日（4日×5回）

<実験条件>

- ・実験対象種：（第1回実験）ヒメタニシ、チリメンカワニナ、ドブガイ、タテボシガイ、マシジミ、（第2回実験）第1回実験対象種にタテヒダカワニナを追加。
- ・水位変動速度：（第1回実験）9cm/day、5cm/day、3cm/day、1cm/day、（第2回実験）9cm/day、7cm/day、5cm/day、3cm/day、0cm/day
- ＊なお、水位変動速度は、「1993年～2002年の夏場6月～9月における水位変動速度」を整理した結果（以下に示す）より選定した。
 - 9cm/day：瀬田川洗堰全開放流時に計算上起こりうる水位変動速度であるが、この10年に記録はない。
 - 3cm/day～7cm/day：頻度は低いものの、起こりうる水位変動速度（50日あった）。
 - 1cm/day：最も頻度が高く、連続的に低下し続ける可能性がある（504日あった）。

- ・底面の形状：傾斜角1°溜まりあり・溜まりなし、傾斜角5°溜まりあり・溜まりなし
- ・溜まり環境の形状：第1回実験は、0.5～1.5mに1個設置した。第2回実験は、10m区間までに5個設置した。

<観察方法>

- ・観察時間は、朝9時から夕方18時までとし、1日目12時から18時、2日目9時から18時、3日目9時から18時、4日目9時から12時、合計27時間を観察した。
- ・記録頻度は、1.5時間に1回とし、位置と移動軌跡、行動等を記録した。なお、記録時間と記録時間の間も、見失わないよう注意した。
- ・水質等の測定は、1時間毎に気温、水温、泥温、D0、pH、照度を測定した。

●結果①（移動能力）

表 貝類の移動能力

分類	種類	移動能力	移動率 (%)	平均移動速度 (cm/h)	最大移動速度 (cm/h)
巻貝	ヒメタニシ	◎	65~100%	24.86	415.02
	タテヒダカワニナ	◎	100%	75.79	454.85
	チリメンカワニナ	◎	50~100%	60.71	941.20
二枚貝	ドブガイ	×	10~50%	4.24	48.92
	タテボシガイ	○	50~100%	8.68	181.63
	マシジミ	×	0~20%	1.65	8.67

移動能力の凡例

※移動能力

- ◎：移動率が高く、かつ移動速度が速い
- ：移動率は高いが、移動速度が遅い
- ×：移動率が低く、かつ移動速度が遅い

※移動率

- 青：50%以上
- ピンク：50%以下

※平均移動速度

- 青：21.5cm/h以上
- ピンク：21.5cm/h以下
- ⇒21.5cm/hは9cm/day時の水際線の後退速度。

■貝類の移動能力を移動率及び移動速度から判断すると、
巻貝の移動能力は高く、二枚貝の移動能力は低い結果となった。

<移動率>

- ・移動率は、実験毎に用いた20個体が、3日間の実験期間中に移動した割合を示す。なお、目視で判断できるレベルの水平方向の移動を、「移動」とした。
- ・ヒメタニシは、第1回実験9cm/dayは65%の移動率であったが、他はすべて100%の移動率であった。
- ・タテヒダカワニナは、全実験で全ての個体が移動し100%となった。
- ・チリメンカワニナは、第1回実験9cm/dayは移動率50%であったが、他はすべて100%であった。
- ・ドブガイは、実験によってばらつきがあったが、10~50%の間であり、水位変動速度と移動率に関係はなかった。
- ・タテボシガイも、実験によってばらつきがあったが、50~100%の間であり、水位変動速度と移動率に関係はなかった。
- ・マシジミは、第1回、第2回実験の9cm/dayと、第1回実験の5cm/dayでのみ5~20%の移動が確認されたが、他はすべて0%で全く移動しなかった。

<移動速度>

- ・平均移動速度は、「移動速度 (cm/h) = 全移動距離 (cm) / 全移動時間 (h)」で求めた。
- ・移動速度は、「移動速度 (cm/h) = 移動距離 (cm) / 移動開始から終了にかかった時間 (h)」で求め、その最大と最小を示した。
- ・なお、移動速度の算出に使用したデータ数は、ヒメタニシ1081個、タテヒダカワニナ632個、チリメンカワニナ1108個、ドブガイ89個、タテボシガイ302個、マシジミ8個であった。
- ・移動速度は、個体や、その時の状況によって、かなりばらつきがあったが、平均移動速度をみるとタテヒダカワニナ、チリメンカワニナ、ヒメタニシ、タテボシガイ、ドブガイ、マシジミの順で速かった。

<移動能力>

- ・移動能力は、タテヒダカワニナ、チリメンカワニナ、ヒメタニシ、タテボシガイ、ドブガイ、マシジミの順で高い。
- ・巻貝のヒメタニシ、タテヒダカワニナ、チリメンカワニナは、ほぼ100%全ての個体が移動し、さらに21.5cm/day (9cm/day時の水際線の後退速度) より速い速度で移動できる。したがって、能力的には9cm/dayでの水位変動にも十分追従できる。
- ・二枚貝は、タテボシガイは半数以上が移動するが、ドブガイ、マシジミは半数以上が移動しない。さらに、21.5cm/dayより遅い速度でしか移動できないので、能力的にも水位変動に対して適応できない。

●結果②（逃げ遅れ）

■溜まり環境に巻貝が取り残されることが確認された。

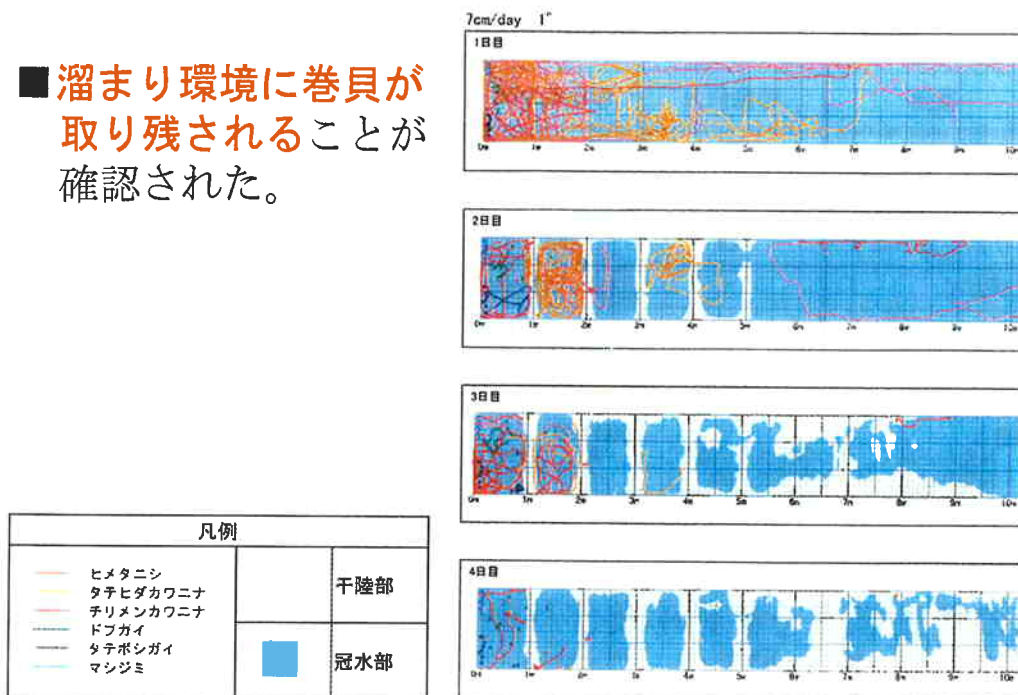


図 溜まり環境の状況と貝類の移動軌跡の例（傾斜角1° 7cm/day）

・図は、溜まり環境が形成される状況と貝類の移動軌跡を示している。例として、第2回実験7cm/dayを示したが、他の9cm/day、5cm/day、3cm/dayでも同様の状況が確認された。

・巻貝は、溜まりに取り残されることが確認された。2日～3日目に溜まりに取り残された個体は、溜まりを乗り越えられず、溜まりの中をぐるぐると移動し、4日目にさらに水が干上がっていくと殻を閉じるなどして動かなくなった。

・二枚貝は、溜まりに関係なく取り残された。

表 水位変動速度別の貝類の逃げ遅れ状況

分類	種名	水位変動速度	傾斜角 5°		傾斜角 1°	
			溜まりあり	溜まりなし	溜まりあり	溜まりなし
巻貝	ヒメタニシ	9cm/day	40	20	100	80
		7cm/day	80	0	100	100
		5cm/day	30	10	90	20
		3cm/day	0	0	80	30
		1cm/day	0	0	100	0
	タテヒダカワニナ	9cm/day	0	0	60	0
		7cm/day	0	0	60	20
		5cm/day	0	0	100	20
		3cm/day	0	0	100	40
	チリメンカワニナ	9cm/day	40	10	100	70
		7cm/day	0	0	100	20
		5cm/day	30	0	80	20
		3cm/day	10	10	80	20
		1cm/day	0	0	80	0
	二枚貝	ドブガイ	9cm/day	100	90	100
7cm/day			100	100	100	100
5cm/day			100	100	100	100
3cm/day			100	80	100	100
1cm/day			80	100	100	100
タテボシガイ		9cm/day	100	100	100	100
		7cm/day	100	100	100	100
		5cm/day	100	100	100	100
		3cm/day	70	70	100	90
		1cm/day	20	20	100	80
マシジミ		9cm/day	100	100	100	100
		7cm/day	100	100	100	100
		5cm/day	100	100	100	100
		3cm/day	100	100	100	100
		1cm/day	100	100	100	100

□ : 逃げ遅れが50%未満

□ : 逃げ遅れが50%以上

・移動能力が高い巻貝は、水位変動速度9cm/dayにおいても逃げ遅れる個体は多くはなかったが、溜まりありでは溜まり環境に留まる状況が確認され、水位変動速度1cm/dayでも逃げ遅れが多く確認された。

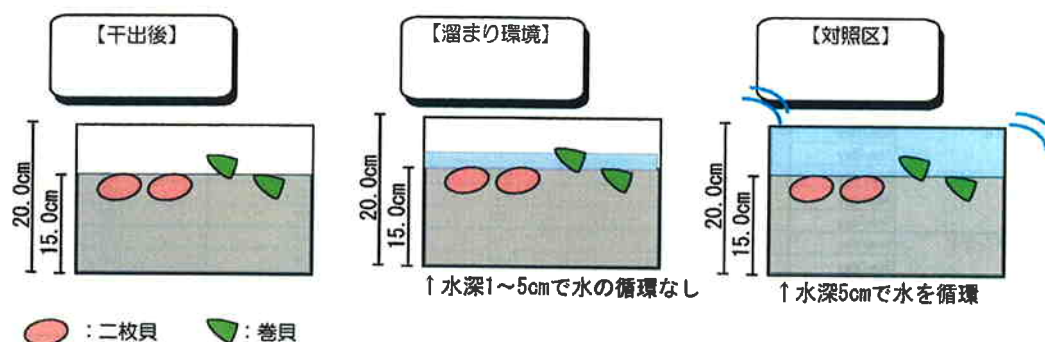
・二枚貝は、水位変動速度1cm/dayでも逃げ遅れが多く確認された。

・なお、タテヒダカワニナは1cm/dayのデータがない。ただし、タテヒダカワニナは、チリメンカワニナより移動能力が高いため、チリメンカワニナが受ける逃げ遅れよりは少ないと推定される。

耐性実験

●方法

- 水位低下による干出後の環境及び溜まり環境を再現し、貝類の生存状況を把握した。



※実験槽（幅約75cm×長さ約120cm×深さ約20cmのトロ舟）

<実験期間>

- ・8月27日～9月10日（15日間）

<実験条件>

- ・実験対象種：移動実験と同じく、ヒメタニシ、チリメンカワニナ、タテヒダカワニナ、ドブガイ、タテボシガイ、マシジミとした。
- ・それぞれ水を循環させた環境に貝を投入し、貝を24時間程度馴致させた。貝が落ち着いたところで、「干出後」は、一晩かけて徐々に水位を下げ干出させた。「溜まり環境」は、同様に水位1~5cmまで低下させた。「対照区」は、そのまま水を循環させた。
- ・貝の個体数は、実験槽毎に種別に20個体ずつとした。

<観察方法>

- ・観察は、朝9時から夕方18時までの間に、すべての個体の生死を判断した。
- ・水質の測定は、1時間毎に、水温、気温、泥温、気温、DO、pHを測定した。また、1日1回土壌含水率の測定のためのサンプリングをおこなった。なお、「干出後」は水温、DO、pHの測定は実施していない。

●結果（生存率）

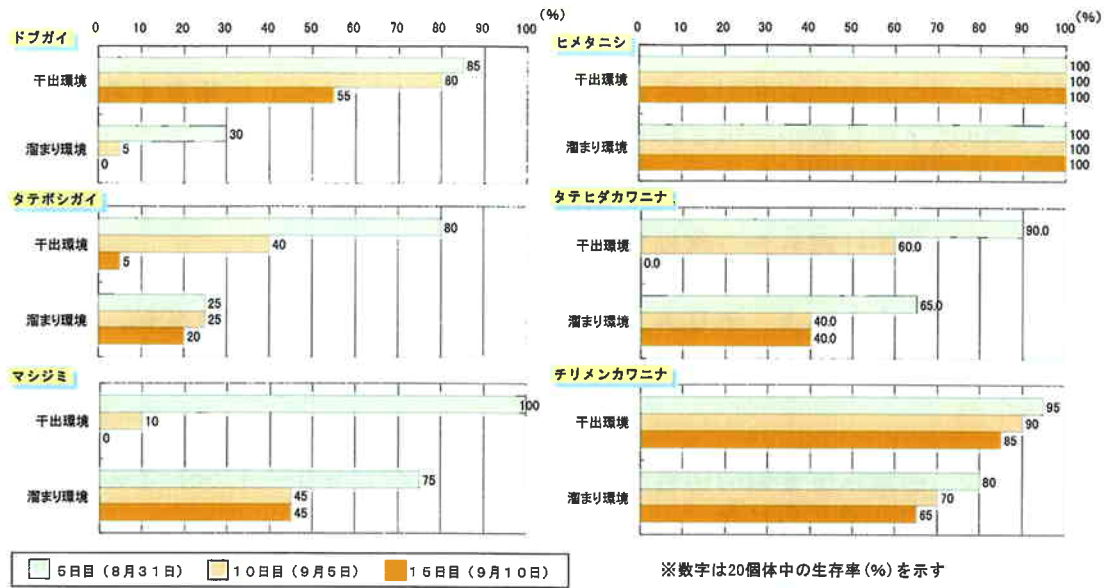


図 干出の後5日目、10日目、15日目の生存率

・巻貝のうち、ヒメタニシ、チリメンカワニナは15日目で、干出後、溜まり環境いずれも50%以上の生存率であった。タテヒダカワニナは、10日目で干出後80%、溜まり環境40%の生存率であった。
 ・二枚貝は、溜まり環境では5日目までに死亡する個体が多く、5日目の生存率はドブガイ30%、タテボシガイ25%、マシジミ75%であった。干出後ではドブガイは15日目でも55%の生存率であったが、タテボシガイ、マシジミは10日後に40%、10%であった。

まとめ

(率時生) 果辞

■ 巻貝

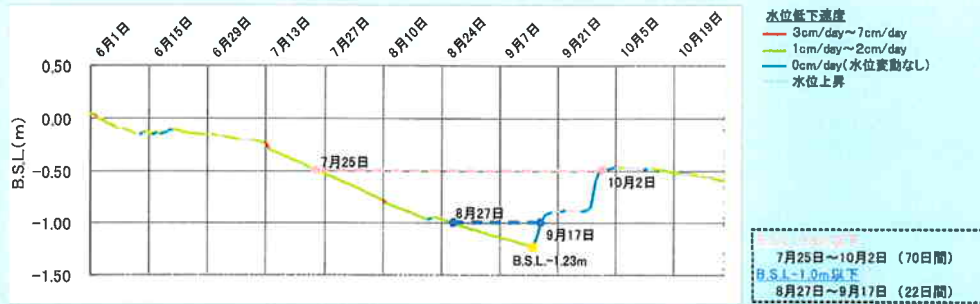
- ・巻貝は、**水位変動の影響がある水位帯 (B. S. L. $\pm 0 \sim -1.5\text{m}$) に生息する種が多く、水位低下の影響が危惧される。**
- ・巻貝の**移動能力は高いもの**の、湖岸に広く生じる溜まり環境には、水位変動速度 3cm/day であっても、**ヒメタニシ80%、タテヒダカワニナ100%、チリメンカワニナ80%が逃げ遅れた** (移動実験より)。
- ・溜まり環境に取り残された個体のうち、ヒメタニシはほとんど影響をうけないが、**タテヒダカワニナ、チリメンカワニナは、15日目にそれぞれ60%、35%が死滅した** (耐性実験より)。

■ 二枚貝

- ・二枚貝は、**通常水位変動の影響がある水位帯 (B. S. L. $\pm 0 \sim -1.5\text{m}$) での生息密度は低いもの**と考えられた。
- ・二枚貝の**移動能力は低く**、水位変動速度 1cm/day であっても、溜まり環境などに関係なく**50%以上が逃げ遅れた** (移動実験より)。
- ・溜まり環境に取り残された個体のうち、**ドブガイ、タテボンガイは、5日目にそれぞれ70%、75%が死滅し、マシジミは5日目25%が、10日目には65%が死滅した** (耐性実験より)。

実験結果を踏まえた 1994年の渇水時における影響の推定

1994年の渇水時における水位低下の状況



1994年の渇水時における影響の推定

分類	種名	(単位:千個体)				
		B.S.L.-7.0m以浅の 推定現存量	B.S.L.-1.5m以浅の 推定現存量	逃げ遅れ個体 の推定	干出死個体 の推定	死亡個体割合 (%)
巻貝	ヒメタニシ	1,552,283	276,281	276,281	176,031	11.3%
	タテヒダカワニナ	1,067,771	212,000	169,600	169,600	15.8%
	チリメンカワニナ	186,484	30,659	24,527	17,058	9.1%
二枚貝	ドブガイ	6,669	523	523	523	7.8%
	タテボシガイ	868,552	94,566	94,566	94,566	10.8%
	マシジミ	1,894,760	186,621	186,621	183,823	9.7%

・1994年の渇水時の水位低下の状況を示した(上段グラフ)。また、1994年の渇水時の状況に今回の実験結果を併せて、水位低下による影響の割合を推定した(下段グラフ)。

<上段のグラフについて>

・B. S. L. -1.23mまで水位が低下した1994年の6月1日~10月31日の水位低下速度は、0cm/day : 32日、1cm/day : 57日、2cm/day : 39日、3cm/day : 2日、7cm/day : 1日であり、3cm/day以上の速度で水位が低下することはほとんどなかった。

・B. S. L. -0.5m以浅は最大で100日以上、B. S. L. -1.0m以浅は最大で70日、B. S. L. -1.5m以浅は最大で22日続いた。

<下段の表について>

・B. S. L. -7.0m以浅の推定現存量 : 滋賀県水産試験場(1998)による推定現存量(分布密度に面積を積算)を用いた。

・B. S. L. -1.5m以浅の推定現存量 : 上記B. S. L. -7.0m以浅の推定現存量より、水資源機構(2004)の調査結果を併せて推定した。

・逃げ遅れ個体の推定 : 移動実験より、逃げ遅れた個体を推定した。条件設定は、傾斜角1°、溜まり環境、水位変動速度1cm/dayとした。なお、1cm/dayで実験を行っていなかったタテヒダカワニナの逃げ遅れ割合は、チリメンカワニナと同様とした(チリメンカワニナより移動能力が高いため、多くてもチリメンカワニナ程度の影響であると考えた)。

・干出死個体の推定 : 耐性実験の結果より、干出死した個体を推定した。条件設定は、溜まり環境とした。なお、B. S. L. ±0~-1.0mに分布した個体は、最大70日以上干出したので全個体死亡したと判断した。B. S. L. -1.0m~-1.5mに分布した個体は、最大22日間干出したので、耐性実験結果より22日後の死亡割合を推定した。

・死亡率個体割合(%) : B. S. L. -7.0m以浅に分布する個体のうち、死亡個体の割合を示した。

・ヒメタニシは、276,281千個体が分布し、全個体が溜まり環境で逃げ遅れるが、半数以上は死亡しなかったと推定され、影響は11.3%であった。

・タテヒダカワニナは、212,000千個体が分布し、その8割程度が逃げ遅れる。逃げ遅れた個体はすべて死亡したと推定され、影響は15.8%であった。

・チリメンカワニナは、30,659千個体が分布し、その8割程度が逃げ遅れる。逃げ遅れた個体のうち7割程度が死亡したと推定され、影響は9.1%であった。

・ドブガイは、523千個体が分布し、全個体が逃げ遅れ死亡したと推定され、影響は7.8%であった。

・タテボシガイは、94,566千個体が分布し、全個体が逃げ遅れ死亡したと推定され、影響は10.8%であった。

・マシジミは、186,621千個体が分布し、全個体が逃げ遅れる。逃げ遅れた個体のうち9割以上が死亡したと推定され、影響は9.7%であった。

