

## 6-5 一次生産

一次生産とは、独立栄養生物による無機物からの有機物生産のことです。一般的に湖沼では植物の光合成量が一次生産量に相当します。琵琶湖で有機物の内部生産・外部生産を考える場合、植物プランクトン、水草や付着藻類などの湖内の植物による一次生産が内部生産に当たります。

## 1. 一次生産量の測定の意義

湖の食物網を支えているのは、湖の中での水生植物（プランクトン、水草、付着藻類）による一次生産（内部生産）と湖の外から流入する有機物（外部生産）です。これまでの研究では、琵琶湖の内部生産量は炭素量で見積もると外部生産量の2倍に近いとの推定があり、湖の食物網における一次生産の重要性がわかります。琵琶湖生態系の保全・管理のためには生態系モデル等の予測手法の適用が鍵となりますが、食物網の基礎となる一次生産量をきちんと見積もることが確度の高い予測につながります。一次生産量は、植物の生物量と生理状態によって変化し、これらは光、水温、栄養塩濃度など複数の要因や植物の種類によって影響されます。このような複雑に変化する要因を用いて一次生産量の変化を正確に推定することは難しいのです。

また、一次生産量の季節変化は大きいので、長期的な変化を論じるには年間に何度も測定する必要があります。琵琶湖では冬に全循環によって栄養塩濃度は高くなりますが、水温が低いために成層期に比べて一次生産量が低くなる、といった季節変化があります。

## 2. 一次生産量の測定方法

一次生産量の測定は、光合成に伴う酸素の生成量を測定する方法と、炭素の取り込み量を標識物質によって測定する方法が一般的です。後者は、国外では放射性同位体炭素<sup>14</sup>Cを標識物質として使われることが一般的です。これに対し、日本では<sup>14</sup>Cの使用に強い法的制限があるため、近年では安定同位体炭素<sup>13</sup>Cを標識物質として使うことが一般的になっています。

一次生産量の測定に必要な実験時間は、<sup>14</sup>C法、<sup>13</sup>C法、酸素法の順に長くなり、さらに実験操作も煩雑になります。例えば、<sup>14</sup>C法ではふつう2時間程度の実験時間で測定されますが、酸素法では、一昼夜かけて測定されることも珍しくありません。日本の湖沼での一次生産量の継続的な測定例が限られているのはこのような理由のためであると考えられます。近年、植物プランクトンの光合成活性を瞬間的に測定するパルス変調蛍光法などの新しい技術が発展してきており、琵琶湖の一次生産量の推定への応用が行われてきています。

## 3. 琵琶湖でのこれまでの一次生産量の測定

琵琶湖における一次生産量の測定は1960年代に行われた「びわ湖生物資源調査団（BST）」に始まります。その後、複数のプロジェクト研究で北湖の一次生産量が測定されてきました。その中でも年間に繰り返し測定されたものを表6-5-1にまとめました。沖帯に比べると、沿岸帯の水草や付着藻類による一次生産量、南湖での一次生産量の測定は例が非常に限られていることがわかります（表6-5-2、3、4）。

また、近年では冒頭で述べたように数値モデルを用いて一次生産量を推定する研究も多く取り組まれています。一次生産量は様々な要因に影響を受けるため、実測値を十分集積して妥当性の高い議論を行う必要があります。

表6-5-1 琵琶湖北湖沖帯における植物プランクトンの一次生産測定

調査年	月	Cg m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	測定方法	調査地点	調査主体
1963~64	1~10	0.077~0.66	<sup>14</sup> C	彦根沖・近江舞子沖	BST(名大・西条)
1971~73	1~12	0.20~0.90	<sup>14</sup> C	塩津湾	IBP(京大・中西)
1976	3~11	0.22~0.90	<sup>14</sup> C	湖中部	京大・中西
1982~84	1~12	0.16~1.50	<sup>13</sup> C	和邇沖	京大・中西
1985	5~10	0.45~0.79	<sup>14</sup> C	近江舞子沖	大教大・三田村
1985~87	1~12	0.21~1.48	<sup>13</sup> C	竹生島沖	琵琶湖研究所・高橋
1989	5~9	0.48~1.95	酸素法& <sup>14</sup> C	和邇沖	京大・中西
1992	6~11	0.28~1.29	<sup>13</sup> C	和邇沖	京大・占部
1996~97	7~11	0.25~2.20	<sup>13</sup> C	和邇沖	IGBP(京大・占部)
2006~07	1~12	0.21~1.17	<sup>13</sup> C	彦根沖	滋賀県大・後藤
2012	5~12	0.48~1.74	酸素法&蛍光	彦根沖	滋賀県大・後藤

表6-5-2 琵琶湖南湖沖帯における植物プランクトンの一次生産測定

調査年	月	Cg m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	測定方法	調査地点	調査主体
1963~64	7~10	0.18~0.50	<sup>14</sup> C	南湖・志那沖	BST(名大・西条)
1976~77	1~12	0.03~0.70	酸素法	南湖・雄琴沖	京大・中西
1978~79	1~12	0.07~2.17	<sup>14</sup> C	南湖・雄琴沖	京大・中西
1983~84	1~12	0.11~1.2	酸素法	南湖・志那沖	衛生環境センター・市木

表6-5-3 琵琶湖における水草の一次生産測定

調査年	月	Cg m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	測定方法	調査地点・群落	調査主体
1964	4,7	1.36	酸素法	沖島周辺・コカナダモ	BST(千葉大・生嶋)
1969	7,11	3.3	酸素法	塩津湾・コカナダモ	IBP(千葉大・生嶋)
1974~75	1~12	-1.27~4.01	酸素法	南湖・オオカナダモ	京大・谷水

表6-5-4 琵琶湖における付着微小藻類の一次生産測定

調査年	月	Cg m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	測定方法	調査地点	調査主体
1963~64	2,8	0.01~0.10	<sup>14</sup> C	飯の浦	BST(名大・西条)
1995~96	1~12	-0.10~5.17	酸素法	北小松	京大・野崎
1997~98	2~12	0.02~1.60*	<sup>14</sup> C	海津大崎	名女大・石田

\*報告された1時間あたりの値から石川が推定した