

## 宍道湖湖心における水深別クロロフィル量と 光合成速度の季節変化 (予報)

國井 秀伸<sup>1)</sup>

### Preliminary report on the seasonal changes of photosynthetic rate and vertical distribution of the chlorophyll content of Lake Shinji, Shimane Prefecture, Japan

Hidenobu Kunii<sup>1)</sup>

**Abstract:** Seasonal changes in photosynthetic rate and the vertical distribution of chlorophyll content were measured at the center of Lake Shinji, Shimane Prefecture, Japan, from May 1994 to November 1995 at monthly intervals. The chlorophyll content was almost similar from surface to bottom water layers, and the maximum, mean  $\pm$  SD and minimum values of chl. a ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) were 341.4 (13 October 1994),  $132.7 \pm 80.7$  and 41.6 (20 April 1995), respectively. Net photosynthetic rate showed a highest value in October 1994 and showed a negative value in February 1995. Seasonal changes in the vertical profile of some water variables such as transparency, pH, dissolved oxygen content, water temperature, conductivity, salinity,  $\text{Cl}^-$ , relative light intensity are also reported.

**Keywords:** chlorophyll content, light and dark bottle method, photosynthetic rate, seasonal change, vertical profile

#### はじめに

宍道湖・中海における水質の定期調査は、現在、建設省出雲工事事務所、島根県衛生公害研究所、そして島根大学理学部(現総合理工学部)の環境分析化学研究室によって行われている。これらの調査により、窒素量やリン量、あるいはCODといった水質項目に関して、多地点の長期的な調査資料が蓄積されている。

日本各地の湖沼の多くでは、生活排水による汚濁や富栄養化が長年問題となっている(環境庁自然保護局, 1995)。水域における富栄養化問題の解決のためには、栄養塩濃度やその他の水質項目の変化をモニターするとともに、そこでの基礎的な現象、たとえば水域をひとつの生態系としてとらえ、エネルギーの流れや食物連鎖、物質収支などについて定量

的に明らかにすることが重要となる。最近、ヨシなどの生物による水質の浄化が注目されている。宍道湖ではヤマトシジミの漁により、湖水中の窒素のかなりの割合が湖外へ持ち出されているという(Nakamura *et al.*, 1988)。

宍道湖・中海を生態系としてとらえる場合、湖内における食物連鎖や物質循環の基礎をなす一次生産者、特に植物プランクトンの現存量と生産量の測定は不可欠となる。しかしながら、現存量に関しては前述の定期調査などによりクロロフィル量が算出されているが、一次生産量については資料がほとんどないのが現状である。そこで、今後の湖における生態調査の基礎資料とすべく、1994年5月から約1年半にわたって宍道湖湖心においてクロロフィル量の水深別測定と、表層水の光合成・呼吸速度を求めたので、その結果をここに予報として発表する。なお、植物プランクトンに関しては単に量的な分析だけでなく、出現種の同定も同時に行っているが、これについては他の機会に発表する予定である。

<sup>1)</sup> 島根大学汽水域研究センター  
Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane  
University, Matsue 690, Japan

調査場所と方法

宍道湖は島根県東部に位置する広く(79.16 km<sup>2</sup>)浅い(最大水深6.4 m)富栄養の汽水湖である(35°27'N, 132°58'E). 1994年5月から1995年11月までの間、月1回の割合で湖心を訪れ、現場で水質測定と採水を行った。現場では、透明度と水中照度をそれぞれセッキ板と水中照度計(Li-Cor社, LI-192SB)で、水温、pH、電気伝導度、溶存酸素量及び塩分濃度を水質チェッカー(堀場 U-10)により深度別に測定した。採水は離合社リゴー B号透明採水器により0, 1, 3及び5mの水深からそれぞれ2lを採水した。

研究室に持ち帰った試水は1lをクロロフィル定量用にグラスフィルター(アドバンテック, GS25)で

ろ過し、その後 UNESCO (1966)の方法により定量を行った。試水の塩素量についても塩素イオン計(笠原理化学工業, CL-1F)により定量した。

光合成速度と呼吸速度は表層水についてのみ測定した。測定は2本の400Wメタルハライドランプを光源とし、0から380 μE/m<sup>2</sup>/sの範囲の6段階の光量下(調節は寒冷紗とアルミ фольドによる)で明暗ビン法により行った。試水は酸素濃度を窒素ガスにより60%程度に調整した後、約100 mlの酸素ビンに満たし、恒温装置(ヤマト CTR-24WS, CTE-24WS, BD16)により水温を湖の水温と同じ程度に調節して約3時間光を照射した。溶存酸素量の変化は酸素計(堀場 OM-14)で測定し、結果は3本のビンの平均値で示した。なお、今回は380 μE/m<sup>2</sup>/sと0 μE/m<sup>2</sup>/sでの値をそれぞれ光合成速度と呼吸速度として示した。

結果と考察

図1はクロロフィル a量の各深度における時間的な濃度変化および単位面積当たりの総量の変化を示す。表1にはクロロフィル bと cの変化についても示した。全体として、クロロフィル量は表層から底層までほぼ一定の濃度を示し、水柱全層の総クロロフィル量の最大値、平均値±標準偏差および最小値はそれぞれ341.4(1994年10月13日記録)、132.7 ± 80.7および41.6 mg/m<sup>2</sup>(1995年4月20日記録)であった。1995年1月27日にもクロロフィル量のピークが見られたが、この時の植物プランクトンの優占種(渦鞭毛藻類の *Prorocentrum minimum*)は10月のそれ(珪藻類の *Cyclotella atomus*)と異なっていた(島根大学教育学部大谷修司博士, 私信)。今回記録された全層の平均値(132.7 mg/m<sup>2</sup>)は、日本の富栄養湖での値に相当する(有賀, 1973; 坂本, 1986)。

図2は室内で測定された試水1l当たり1時間当たりの表層水の光合成速度と呼吸速度を示す。純生産と総生産の季節変化を見ると、冬季の2月から初夏の6月下旬にかけて低く、8月下旬から10月にかけて

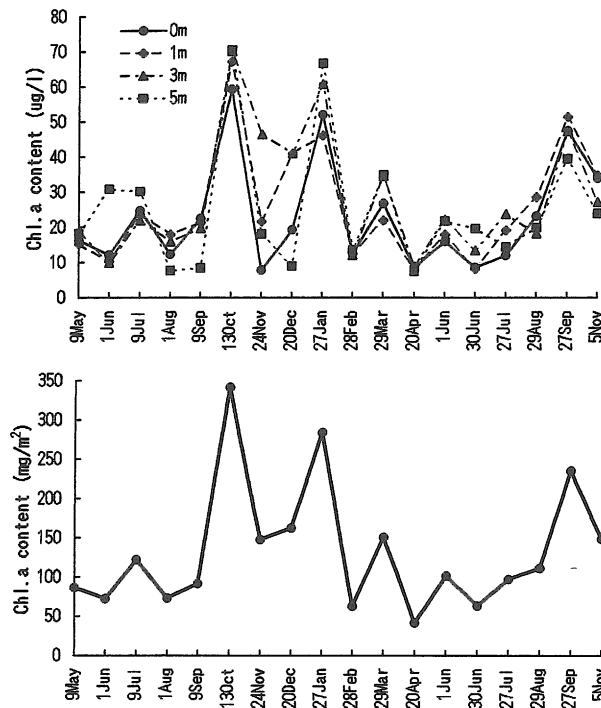


図1. クロロフィル a量の各深度における濃度の季節変化(上図)および単位面積当たりの総量の季節変化(下図)。

Fig. 1. Seasonal changes in the chl. a content at different water depths (above) and seasonal changes in the total amount of chl. a per unit area (below).

表1. 宍道湖湖心におけるクロロフィル a, b, c各量の1994年5月から1995年11月にかけての各深度での濃度の季節変化。

Table 1. Seasonal changes in the vertical distribution of chl. a, b and c at the center of Lake Shinji during May 1994 and November 1995.

	9 May	1 Jun	9 Jul	1 Aug	9 Sep	19 Oct	24 Nov	20 Dec	27 Jan	28 Feb	29 Mar	20 Apr	1 Jun	30 Jun	27 Jul	29 Aug	27 Sep	5 Nov	
Chl. a (ug/l)	0m	16.26	12.16	24.71	12.30	22.58	59.31	7.84	19.30	52.07	12.57	26.83	8.57	16.02	8.55	12.02	23.19	47.41	33.89
	1m	15.19	10.35	23.71	17.93	21.38	67.31	21.69	41.08	46.14	12.56	21.99	8.02	17.96	8.14	19.14	28.58	51.44	34.73
	3m	18.64	9.80	21.93	15.91	19.72	70.17	46.47	41.02	60.80	12.05	34.58	8.85	22.25	13.46	23.75	18.13	47.38	27.17
	5m	18.16	30.80	30.18	7.68	8.41	70.48	18.09	8.94	68.71	13.53	34.85	7.56	21.77	19.61	14.37	19.85	39.42	23.90
Chl. b (ug/l)	0m	2.12	2.29	1.08	2.16	2.38	0.88	0.42	0.32	1.51	1.84	2.38	1.02	0.61	2.42	0.33	4.36	nil	0.84
	1m	1.48	0.43	0.79	2.07	2.14	0.50	0.56	0.32	0.26	2.93	2.15	0.60	2.00	nil	2.47	4.76	nil	2.08
	3m	2.70	0.83	1.74	1.79	2.39	2.09	0.76	0.02	2.52	1.80	3.82	1.29	1.69	2.64	2.47	3.49	0.04	0.69
	5m	2.58	3.32	2.64	1.22	1.35	1.57	0.42	0.14	1.77	2.11	6.07	0.66	2.65	2.30	1.81	2.68	nil	3.69
Chl. c (ug/l)	0m	10.87	8.00	5.81	6.98	20.02	21.95	4.37	11.87	35.58	4.94	16.98	5.01	5.41	9.37	3.38	13.23	11.43	11.20
	1m	7.11	3.05	5.38	8.30	19.44	24.06	14.22	26.35	28.91	6.29	12.78	3.86	9.28	2.45	9.32	15.35	11.50	14.19
	3m	11.99	2.12	7.40	5.54	17.52	28.23	30.75	25.14	45.21	3.62	11.70	6.48	8.68	11.51	9.87	8.04	11.58	7.73
	5m	10.65	14.27	8.19	3.44	7.83	27.72	11.30	6.85	42.14	4.89	22.46	3.88	11.81	11.37	5.55	8.12	10.17	14.51

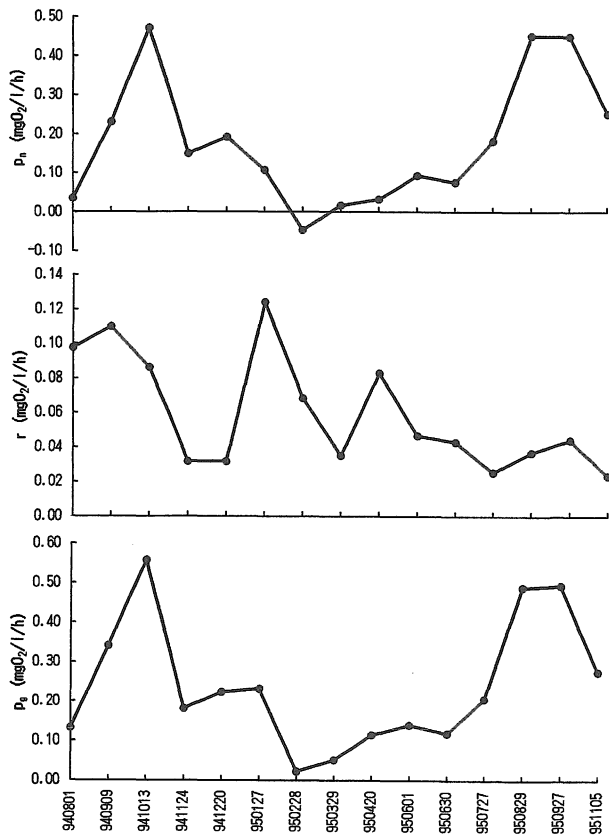


図2. 宍道湖表層水の単位時間・単位水量当たりの光合成・呼吸速度の季節変化。

Fig. 2. Seasonal changes in the photosynthetic and respiratory rates of lake surface water of Lake Shinji expressed in terms of mg O<sub>2</sub> production (consumption)/l/h.

て高い傾向が見られる。呼吸速度に関しては時間的な傾向は見られない。1月27日に呼吸速度が特異的に高くなっているのは、この時期に優占していた渦鞭毛藻の特性を反映していると考えられた。1月にはクロロフィルc量も他の測定日に比べ大きな値をとった(表1)。

図3は単位クロロフィルa当たりの光合成・呼吸速度を示す。全体の傾向としては、単位試水当たりで得た結果とほぼ同じであったが、1994年10月13日、11月24日及び1995年9月27日には純生産・呼吸・総生産速度のどれもが単位試水当たりの結果と大きく異なっていた。このうち10月13日と9月27日については測定日のクロロフィルa量が多かったためであり、11月24日についてはこの逆にクロロフィルa量が少なかったためと考えられる。

今後、種組成や優占種の季節変化、あるいは水質項目も加味して生産力の季節変化について論議したい。

なお、今回測定したいくつかの水質項目については付表1に示したので参考としてほしい。

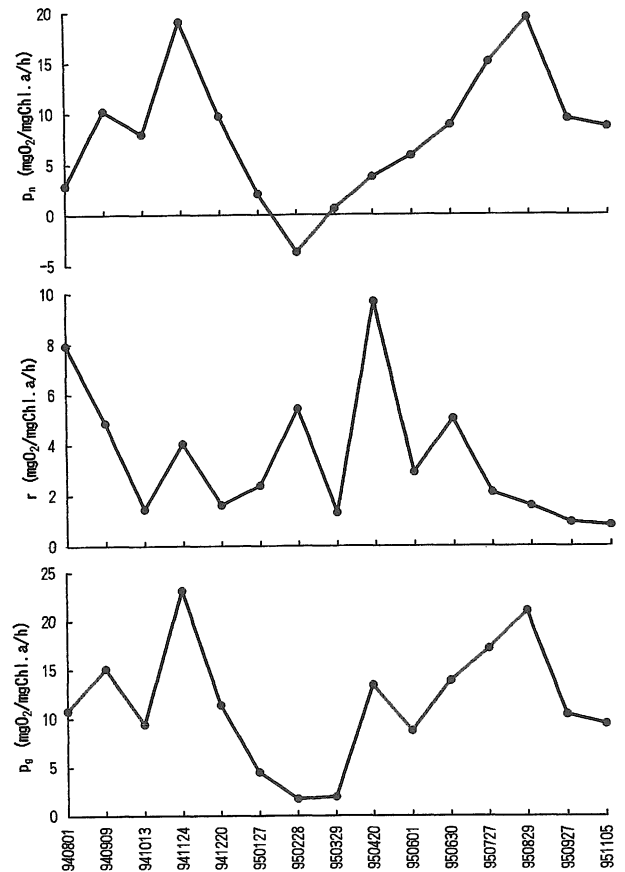


図3. 宍道湖表層水の単位時間・単位クロロフィルa量当たりの光合成・呼吸速度の季節変化。

Fig. 3. Seasonal changes in the photosynthetic and respiratory rates of lake surface water of Lake Shinji expressed in terms of mg O<sub>2</sub> production (consumption)/mg chl. a/h.

## 謝 辞

本調査を始めるきっかけを与えてくれた地質調査所の山室真澄氏、および船の便宜を図って下さった島根県水産試験場三刀屋内水面分場の中村幹雄氏と島根県衛生公害研究所の神谷宏氏に感謝の意を表す。また、野外調査に同行して下さった島根大学理学部の神谷要、辻和弘、沖辺一博、井上秀晴および千葉大学理学部の山本いずみの各氏に感謝の意を表す。

## 引用文献

- 有賀祐勝(1973)水界植物群落の物質生産II。—植物プランクトン—。91p. 共立出版, 東京。
- 環境庁自然保護局編(1995)日本の湖沼環境II。(財)自然環境研究センター。188p.
- 坂本 充(1986)湖沼における植物プランクトンの生態と動態。秋山優・有賀祐勝・坂本充・横浜康継編著「藻類の生態」。p. 123-176. 内田老鶴圃, 東

京.

Nakamura, M., Yamamuro, M., Ishikawa, M. and Nishimura, H. (1988) Role of the bivalva *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon. *Marine Biology*, 99: 369-374.

UNESCO (1966) Determination of photosynthetic pigments in seawater. Report of SCOR-UNESCO Working group 17 (Paris): Monographs on Oceanographic Methodology 1. 69p.

付表 1. 六道湖湖心における各水質項目の 1994 年 5 月から 1995 年 11 月にかけての各深度での季節変化.

Appendix 1. Seasonal changes in some water variables measured at the center of Lake Shinji from May 1994 to November 1995.

Date	7 May	31 May	9 Jul	1 Aug	9 Sep	13 Oct	24 Nov	20 Dec	27 Jan	28 Feb	29 Mar	20 Apr	1 Jun	30 Jun	27 Jul	29 Aug	27 Sep	5 Nov	
Depth (m)	5.60	5.65	5.65	5.85	5.85	6.10	5.50	5.40	4.50	5.70	5.45	5.60	5.70	5.65	5.80	5.75		5.60	
Tr. (m)	0.84	1.80	1.45	1.35	2.00			1.20	1.20	1.90	1.20	2.30	1.60	2.15	1.10	1.00		1.20	
pH																			
0m	7.9	8.2	8.4	8.2	8.1	7.9	8.0	8.3	7.3	7.5	8.2	7.9	7.8	7.9	8.3	7.4	8.1		
0.5m	7.8	8.2		8.2	8.2	7.9	8.0	8.2	7.1	7.5	8.3	7.8	7.8	7.9	8.4	7.4	8.1	8.6	
1m	7.8	8.2	8.4	8.1	8.3	7.9	8.1	8.3	7.3	7.5	8.3	7.8	7.9	7.9	8.4	7.2	8.1	8.6	
2m	7.8	8.1	8.3	7.9	8.0	8.0	8.1	8.4	7.4	7.5	8.4	7.9	7.9	7.9	8.1	6.9	8.1	8.5	
3m	7.8	8.0	8.2	7.6	7.9	8.0	8.1	8.4	7.5	7.5	8.3	7.9	7.8	7.8	7.5	6.9	8.1		
4m	7.7	7.9	8.3	7.3	7.8	8.0	8.1	8.4	7.6	7.5	8.2	7.9	7.8	7.8	6.4	6.9	8.1		
5m	7.6	6.8	8.3	7.1	8.1	7.6	7.4	8.3	7.7	7.5	8.2	7.9	7.8	6.7	6.4	6.8	7.9		
5.5m		6.9	6.9	7.4	7.9	7.5		8.3		7.3	8.1	7.5	7.1	6.6	6.4	6.7	7.1		
D.O. (mg/l)																			
0m	9.4	9.8	9.5	8.9	8.8	7.5	10.6	13.5	12.8	12.0	11.4	10.3	9.5	8.6	9.6	7.6	8.7		
0.5m	9.2	9.9		8.8	8.7	7.3	10.5	13.3	12.7	11.9	11.4	10.1	9.6	8.6	10.0	7.8	8.7	11.8	
1m	9.1	9.9	9.3	8.7	9.4	7.2	10.9	13.4	12.7	11.8	11.5	10.0	9.6	8.6	9.9	7.5	8.8	11.4	
2m	9.2	9.8	8.8	8.0	7.9	7.2	10.7	13.2	12.6	12.1	11.7	10.2	9.6	8.5	9.2	6.8	8.8	11.1	
3m	9.2	9.6	8.2	7.4	7.7	7.2	10.3	13.1	12.6	11.9	11.4	10.1	9.5	8.4	8.3	6.8	8.8		
4m	9.0	9.4	8.5	6.7	7.5	7.2	10.3	12.8	12.6	11.8	11.1	10.2	9.4	8.2	3.9	6.8	8.6		
5m	9.1	0.6	8.2	0.9	0.0	7.2	5.2	12.0	10.5	11.7	11.1	10.2	8.9	3.2	3.4	6.7	8.2		
5.5m		2.0	1.8	0.0	0.0	7.3		11.9		10.9	10.7	8.6	7.1	0.3			6.3		
W.T. (C)																			
0m	17.6	21.1	27.8	31.2	28.7	21.6	11.8	6.6	4.6	6.4	11.1	13.5	19.7	25.0	28.8	29.5	21.6		
0.5m	17.5	21.1		31.1	28.6	21.5	11.9	6.6	4.6	6.3	10.8	13.5	19.6	24.3	27.9	29.3	21.6	14.3	
1m	17.5	21.0	27.8	30.5	28.2	21.6	12.0	6.5	4.6	6.3	10.6	13.4	19.4	23.9	27.6	28.8	21.6	14.3	
2m	17.5	20.8	27.6	30.2	28.0	21.6	12.1	6.5	4.6	5.9	10.3	13.4	19.3	23.9	27.4	28.6	21.6	14.2	
3m	17.5	20.7	27.4	29.9	28.0	21.6	12.5	6.3	4.5	5.9	10.1	13.2	19.2	23.8	27.0	28.6	21.6		
4m	17.4	20.6	27.4	29.8	28.0	21.6	12.7	6.3	4.6	5.9	10.1	13.2	19.4	23.8	25.8	28.6	21.6		
5m	17.4	20.5	27.4	29.1	28.4	21.8	13.6	6.7	5.2	5.9	10.1	13.1	19.3	22.8	25.3	28.6	21.6		
5.5m		20.4	26.6	28.8	27.9	21.7		6.7		5.9	10.1	13.3	19.2	22.2	25.2	28.3	21.4		
Cond. (mS/cm)																			
0m	5.77	7.83	12.00	15.10	18.90	14.50	15.00	17.80	14.50	10.90	6.94	6.65	7.35	11.60	2.71	7.16	7.12		
0.5m	5.77	7.83		15.10	18.90	14.50	15.60	17.70	14.50	10.90	6.95	6.65	7.34	11.50	2.69	7.11	7.13		
1m	5.78	7.82	12.10	15.10	18.90	14.50	15.80	17.80	14.60	11.00	6.96	6.66	7.34	11.60	2.72	7.12	7.14		
2m	5.78	7.83	12.20	15.20	18.90	14.60	16.10	17.90	14.80	11.10	6.98	6.67	7.38	11.70	3.05	7.15	7.15		
3m	5.80	7.85	12.20	15.20	19.00	14.60	16.70	18.00	15.20	11.10	7.00	6.65	7.41	11.80	3.63	7.19	7.14		
4m	5.67	7.91	12.30	15.50	19.00	14.70	17.00	18.10	15.80	11.20	7.06	6.65	7.56	12.00	5.21	7.22	7.15		
5m	6.03	19.80	12.40	24.70	31.10	16.10	21.00	18.30	20.70	11.30	7.11	6.65	7.67	22.00	5.63	8.50	7.48		
5.5m		24.00	22.70	32.60	32.70	15.80		18.40		11.70	7.11	11.20	9.40	25.60	5.69	37.10	8.20		
Salinity (%)																			
0m	0.30	0.42	0.69	0.88	1.13	0.84	0.88	1.01	0.80	0.59	0.36	0.35	0.39	0.65	0.13	0.38	0.38		
0.5m	0.30	0.42		0.88	1.13	0.84	0.89	1.01	0.80	0.59	0.36	0.35	0.39	0.65	0.13	0.38	0.38	0.51	
1m	0.30	0.42	0.69	0.88	1.13	0.84	0.91	1.01	0.80	0.59	0.36	0.35	0.39	0.66	0.13	0.38	0.38	0.51	
2m	0.30	0.42	0.69	0.88	1.13	0.85	0.93	1.01	0.81	0.60	0.36	0.35	0.39	0.66	0.15	0.38	0.38	0.51	
3m	0.30	0.42	0.70	0.89	1.13	0.85	0.97	1.02	0.84	0.60	0.36	0.35	0.40	0.67	0.18	0.39	0.38		
4m	0.31	0.43	0.70	0.90	1.13	0.85	0.99	1.02	0.87	0.60	0.37	0.35	0.41	0.68	0.27	0.39	0.39		
5m	0.31	1.25	0.71	1.55	1.90	0.96	1.38	1.04	1.56	0.61	0.37	0.35	0.42	1.35	0.29	0.45	0.40		
5.5m		1.46	1.37	2.06	2.07	0.85		1.05		0.63	0.37	0.74	0.52	1.53	0.30	2.37	0.45		
Cl - (mg/l)																			
0m		2140	3150	3780		3440	4770	4930	5312	5714		1702	1973	2423	723	1714	2122		
1m		2185	3265	3770		3660	5190	5010	5592	6028		1810	1686	2420	720	1720	2154		
3m		2090	3335	3770		3760	5420	5130	5815	6289		1732	1690	2268	942	1738	2154		
5m		6760	5870	7230		3810	6470	5260	4940	4700		1726	1758	3700	1768	1836	2246		
R. L. I. (%)																			
0cm	100.0	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
10cm	89.5	91.2	88.2	77.7		80.0	95.5	82.0		86.1	83.1	85.7	89.8	91.6	90.9	85.6			
30cm	68.2	78.1	68.8	64.3		49.8	81.4	64.4		75.6	64.1	77.6	69.3	78.5	75.6	61.3			
50cm	58.0	63.2	54.1	50.7		26.9	65.3	39.6		61.4	48.1	70.4	65.9	65.5	58.4	38.9			
100cm	29.3	37.9	30.3	25.2		9.5	36.4	17.6		38.6	22.8	49.2	43.0	38.1	32.5	13.1			
150cm	14.2	18.5	15.6	12.5		3.9	19.4	8.1		24.2	10.9	33.1	27.3	21.9	16.1	4.6			
200cm	6.4	11.3	8.4	6.7		1.3	10.1	4.6		14.7	5.9	23.1	18.0	16.0	10.8	1.7			
250cm											3.1	16.7	10.8	10.1	4.2	0.7			