

## 降水および乾性降下物による汚濁負荷に関する基礎的研究

誌名	富山県立技術短期大学研究報告 = Bulletin of research, Toyama College of Technology
ISSN	03899330
著者	奥川, 光治
巻/号	23巻
掲載ページ	p. 85-94
発行年月	1989年3月

# 降水および乾性降下物による 汚濁負荷に関する基礎的研究

奥 川 光 治

## 1. 緒 言

大気を通じて降下する栄養塩量を明らかにすることは、閉鎖性水域における富栄養化現象の解明にとって、基礎的、かつ、重要な課題である。最近になって、栄養塩降下量に関する調査が各地の試験研究機関で精力的に行われるようになり、それらをまとめた文献<sup>2),4)</sup>も見られるようになってきている。

本研究は、大気からの負荷量に関して富山県射水郡において実施した調査結果に解析を加え、季節変化特性および統計的特性を解明したものである。本研究の特徴は、①大気からの負荷量を降水による負荷と乾性降下物による負荷とに分けて解析したこと、②栄養塩はtotal量だけでなく、溶解性あるいは懸濁性等各種化学形態に細分して分析したこと、③栄養塩だけでなく、有機物量や懸濁性物質質量等にも注目したこと、④1年間の負荷量を求めるため、調査を通年で実施したこと、などである。

## 2. 調査方法

本研究では、大気からの降下物として、降水による負荷と乾性降下物による負荷とを合わせて採取した。試料は(株)小笠原計器製作所製の温水式転倒ます型雨量計により約1週間分ずつ採取した。すなわち、雨量計の転倒ます流出水を5ℓポリ容器で受けるとともに、約1週間設置後、ロート部、ろ水器(トラップ部)、転倒ます部を純水で洗浄し、その洗浄水もポリ容器に受け、試料とした。試料を採取した期間は1986年10月20日から1987年10月27日までであり、試料数は53である。採取地点は富山県射水郡小杉町にある富山県立技術短期大学の新合同講義棟(鉄筋コンクリート2階建)屋上である。調査項目、分析項目は降水量、採水量(降水量と洗浄水量を合わせた水量)、洗浄水量、pH測定用サンプル量、pH、電気伝導度(EC)、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)、懸濁性物質(SS)、化学的酸素要求量(ニクロム酸カリウムによる方法; COD<sub>Cr</sub>: 総COD<sub>Cr</sub>をTCOD<sub>Cr</sub>、溶解性COD<sub>Cr</sub>をSCOD<sub>Cr</sub>とする。以下、添字Crは省略する。)、総窒素(TN)、溶解性窒素(SN)、アンモニア性窒素(NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸性窒素(NO<sub>2</sub>-N)、硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)、総リン(TP)、溶解性リン(SP)である。溶解性試料はtotal試料を0.45μmメンブランフィルターでろ過したろ液であり、total試料と溶解性試料の差をもって懸濁性試料の分析値とした(それぞれ、PCOD, PN, PPとする)。さらに、NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-Nを合わせて無機態窒素(IN), TN, SNからINを差し引いた値を、それぞれ、総有機態窒素(TON)、溶解性有機態窒素(SON)とし、その差を懸濁性有機態窒素(PON)とした。分析方法等詳細は文献<sup>3)</sup>を参照されたい。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 降水による負荷量の季節変化特性

前章で述べたように、本研究では降水による負荷と乾性降下物による負荷を合わせて採取し分析しているので、得られるのは全降下物による負荷量である。しかし、53回の調査期間のうち4回(調査開始日が4月14日、5月5日、6月22日、9月30日)は降水が見られなかった期間であったので、乾性降下物による負荷量が得られたことになる。したがって、その4回の調査結果から乾性降下物による1時間あたりの負荷量の平均値を求めることができる。他の調査期間における乾性降下物による負荷量はその1時間値に無降水時間を乗じて求めることにし、全降下物による負荷量から乾性降下物による負荷量を差し引いた値を降水による負荷量とする。ここで、無降水時間とは、降水時間を次のように考えて、延時間から降水時間を差し引いた時間である。すなわち、降水時間とは、降水量を1時間毎に測定したときに、降水量0.5 mm/h以上を示した延時間に、降水の降り始めと降り終わりとしてそれぞれ1時間ずつを加えた時間とする。

このようにして求めた降水および乾性降下物による負荷量の季節変化をFig. 1に示す。乾性降下物による負荷量の変化は各調査期間の無降水時間の大小によって決まるので、ここでは降水による負荷量について検討する。

降水による負荷量の季節変化において見られる最大の特徴は、12月から3月の冬季に、多くの項目で降水による負荷量が増加することである。これを4グループに分けて考えると、第1のグループはEC, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub>-N,

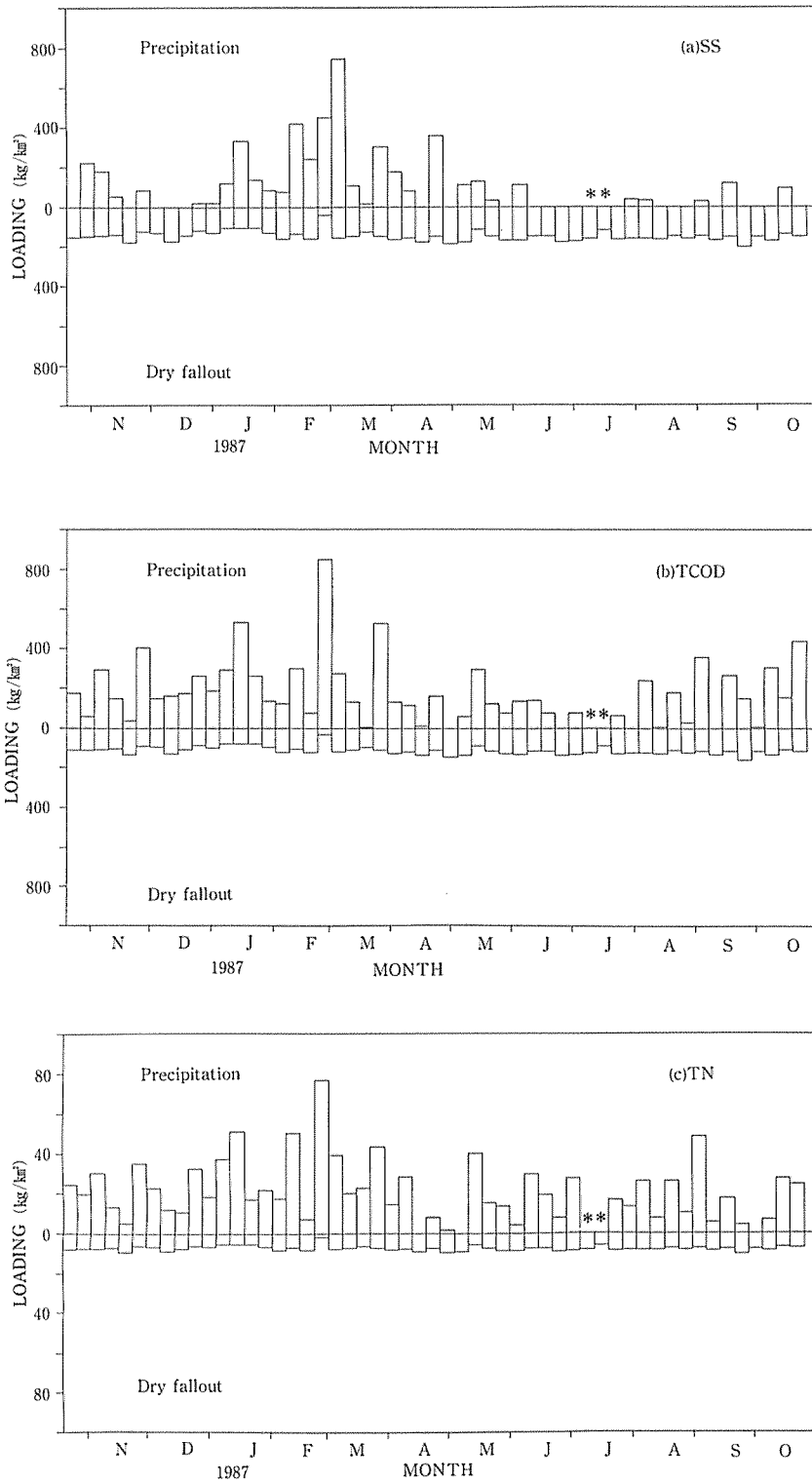


Fig.1 Variation of loadings. \*: Data was not obtained.

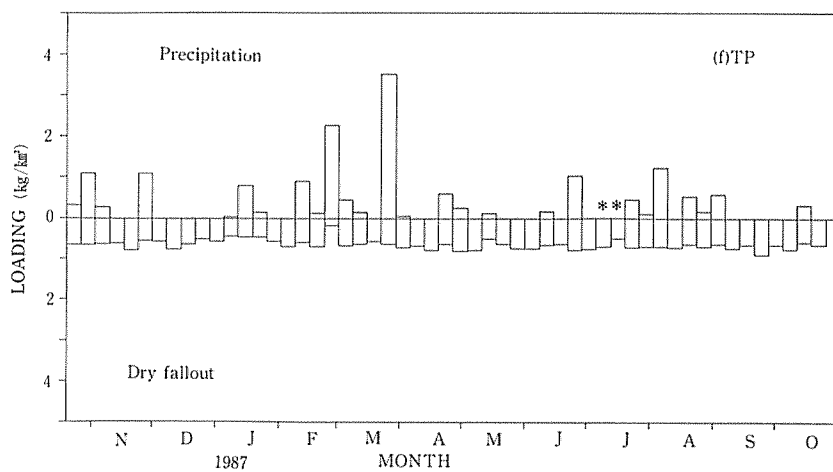
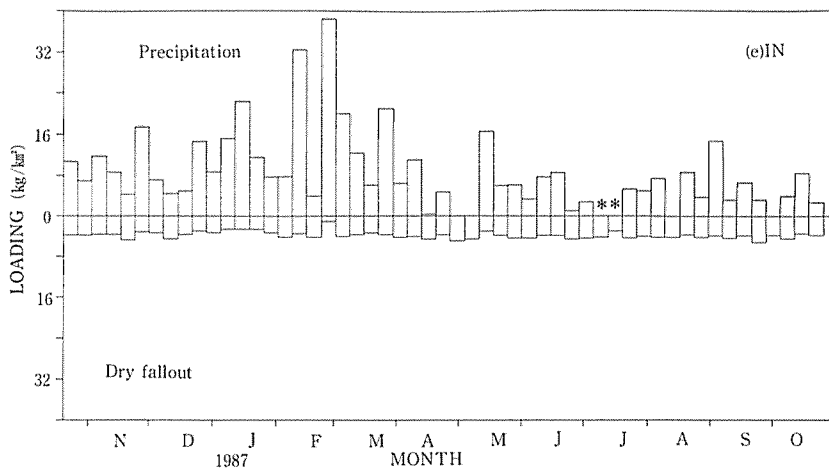
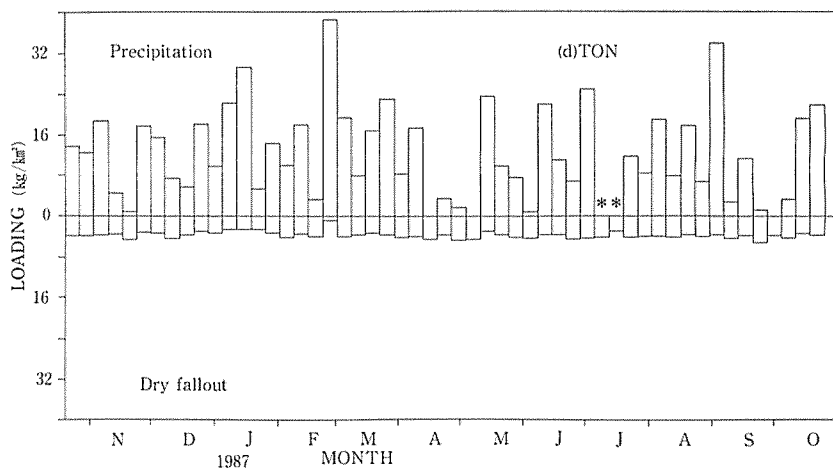


Fig.1 (Continued) Variation of loadings. \*: Data was not obtained.

-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-Nである。これらの増加は季節風の影響により風送塩が増加したためと考えられる。第2のグループはSSとPPという懸濁性物質である。しかし、PCOD, PONが増加していないことからすると、冬季に増加する懸濁性物質は無機態であり、季節風による土壌粒子の舞上がり原因と考えられる。第3のグループはSCOD, SONという溶解性有機態物質である。第4のグループはTCOD, TN, SN, TON, INである。これらは、その成分、すなわち、それぞれ、SCOD, SN, SONとIN, SON, NH<sub>4</sub>-NとNO<sub>2</sub>-NとNO<sub>3</sub>-Nの増加により増加している項目である。

### 3. 2 負荷量に関する基礎統計

ここでは、降水、乾性降下物および全降下物による負荷量の基礎統計量について考察を加える。Table 1, 2, 3は、それぞれ、降水、乾性降下物および全降下物による負荷量の平均、標準偏差、変動係数、最大値、最小値およびデータ数を示したものである。

まず、年間負荷量を他の調査例と比較してみよう。しかし、本研究のように、COD, 窒素, リンについて化学形態を細分して調査した例は少ないので、TN, IN, TPについて検討することにする。

Table 1, 2, 3の負荷量は1週間あたりの値である

ので、TNの年間負荷量を平均値から換算すると、降水による負荷量が1100 kg/km<sup>2</sup>/y, 乾性降下物による負荷量が398 kg/km<sup>2</sup>/y, 全降下物による負荷量が1490 kg/km<sup>2</sup>/yである。ここで、降水と乾性降下物による負荷量を加えて全降下物による負荷量にならないのは、全降下物による負荷量から乾性降下物による負荷量を差し引いて降水による負荷量を求めるとき、データの補正や欠測値の処理を行うために誤差を生ずることによる。田淵・高村<sup>4)</sup>によると、通年調査で求められた日本の各地(4地点)における降水による負荷量は1020~1840 kg/km<sup>2</sup>/yであり、本研究で得られた負荷量はその範囲に含まれている。一方、乾性降下物、全降下物によるTN負荷量の調査報告は見られない。

本研究におけるINの年間負荷量は、降水による負荷量が452 kg/km<sup>2</sup>/y, 乾性降下物による負荷量が200 kg/km<sup>2</sup>/y, 全降下物による負荷量が652 kg/km<sup>2</sup>/yである。田淵・高村によると、降水による負荷量は470~540 kg/km<sup>2</sup>/y(通年, 3地点), 服部ら<sup>2)</sup>によると、全降下物による負荷量は732~1360, 平均1030 kg/km<sup>2</sup>/y(9年間, 筑波)であり、本研究で求めた負荷量はいずれも少し低い値になっている。これは調査地点における環境条件の相違, すなわち、気象や植生等の自然的特性, 土地利用や大気汚染の程度等社会的特性の相違によるも

Table 1 The statistics of loadings by precipitation.

Unit: EC—10<sup>3</sup>m<sup>2</sup>μS/cm/km<sup>2</sup>, the others—kg/km<sup>2</sup>.

Item	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Maximum	Minimum	Number of data
EC	1000	1150	1.15	5930	0.00	51
Cl <sup>-</sup>	132	232	1.75	1180	0.00	51
SS	96.3	148	1.54	740	0.00	51
TCOD <sub>cr</sub>	180	164	0.912	849	0.00	51
SCOD <sub>cr</sub>	152	135	0.886	649	0.00	51
PCOD <sub>cr</sub>	41.1	76.7	1.87	352	0.00	51
TN	21.1	15.6	0.740	76.9	0.00	51
SN	18.8	14.4	0.770	70.9	0.00	51
PN	2.79	4.05	1.45	23.1	0.00	51
TON	12.4	9.09	0.732	38.5	0.00	51
SON	10.1	7.68	0.758	32.5	0.00	51
PON	2.79	4.05	1.45	23.1	0.00	51
IN	8.67	7.76	0.895	38.4	0.00	51
NH <sub>4</sub> -N	7.31	6.71	0.918	34.1	0.00	51
NO <sub>2</sub> -N	0.233	0.153	0.658	0.543	0.00	51
NO <sub>3</sub> -N	1.37	1.60	1.17	7.13	0.00	51
TP	0.328	0.636	1.94	3.52	0.00	51
SP	0.151	0.367	2.42	1.50	0.00	51
PP	0.244	0.394	1.61	2.26	0.00	51

Table 2 The statistics of loadings by dry fallout.

Unit : EC— $10^3\text{m}^3\mu\text{S}/\text{cm}/\text{km}^2$ , the others— $\text{kg}/\text{km}^2$ .

Item	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Maximum	Minimum	Number of data
EC	98.0	17.5	0.179	135	25.8	53
Cl <sup>-</sup>	0.00	0.00	—	0.00	0.00	53
SS	149	26.7	0.179	205	39.3	53
TCOD <sub>cr</sub>	113	20.3	0.179	155	29.8	53
SCOD <sub>cr</sub>	10.5	1.88	0.179	14.4	2.76	53
PCOD <sub>cr</sub>	103	18.4	0.179	141	27.0	53
TN	7.63	1.37	0.179	10.5	2.01	53
SN	5.65	1.01	0.179	7.76	1.49	53
PN	1.98	0.354	0.179	2.72	0.521	53
TON	3.79	0.678	0.179	5.20	0.997	53
SON	1.81	0.323	0.179	2.48	0.476	53
PON	1.98	0.354	0.179	2.72	0.521	53
IN	3.84	0.688	0.179	5.28	1.01	53
NH <sub>4</sub> -N	1.67	0.298	0.179	2.29	0.439	53
NO <sub>2</sub> -N	0.0316	0.00566	0.179	0.0434	0.00833	53
NO <sub>3</sub> -N	2.15	0.384	0.179	2.95	0.565	53
TP	0.649	0.116	0.179	0.891	0.171	53
SP	0.363	0.0649	0.179	0.498	0.0955	53
PP	0.286	0.0512	0.179	0.393	0.0754	53

Table 3 The statistics of loadings by total fallout.

Unit : EC— $10^3\text{m}^3\mu\text{S}/\text{cm}/\text{km}^2$ , the others— $\text{kg}/\text{km}^2$ .

Item	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Maximum	Minimum	Number of data
EC	1100	1140	1.04	5960	81.2	51
Cl <sup>-</sup>	132	232	1.75	1180	0.00	51
SS	229	152	0.663	896	72.8	51
TCOD <sub>cr</sub>	288	158	0.548	879	7.96	51
SCOD <sub>cr</sub>	161	136	0.841	652	0.00	51
PCOD <sub>cr</sub>	127	85.2	0.671	456	7.96	51
TN	28.6	14.8	0.518	78.9	4.06	51
SN	24.3	13.9	0.572	72.4	3.63	51
PN	4.30	4.40	1.02	25.1	0.00	51
TON	16.1	8.85	0.550	39.5	0.334	51
SON	11.8	7.70	0.654	33.0	0.00	51
PON	4.30	4.40	1.02	25.1	0.00	51
IN	12.5	7.29	0.583	39.4	3.58	51
NH <sub>4</sub> -N	8.96	6.51	0.727	34.5	1.43	51
NO <sub>2</sub> -N	0.264	0.151	0.572	0.567	0.00	51
NO <sub>3</sub> -N	3.28	1.78	0.541	9.37	0.472	51
TP	0.872	0.669	0.766	4.15	0.215	51
SP	0.393	0.415	1.06	1.75	0.00	51
PP	0.479	0.424	0.886	2.54	0.00	51

のであろう。

本研究におけるTPの年間負荷量は、降水による負荷量が17.1 kg/km<sup>2</sup>/y、乾性降下物による負荷量が33.8 kg/km<sup>2</sup>/y、全降下物による負荷量が45.5 kg/km<sup>2</sup>/yである。田淵・高村によると、降水による負荷量は50~60 kg/km<sup>2</sup>/y (通年, 3地点)であり、本研究で得られた負荷量はその3分の1程度と低くなっている。一方、服部らによると、全降下物による負荷量は25.4~45.5、平均31.8 kg/km<sup>2</sup>/yであり、本研究で得られた負荷量はその最大値と等しくなっている。

次に、降水による負荷量と乾性降下物による負荷量の大小を比較してみよう。Table 4は両負荷量の比率を示している。比率が5以上、すなわち、降水による負荷量が乾性降下物の5倍以上となっているのは、Cl<sup>-</sup>、SCOD、EC、NO<sub>2</sub>-N、SONであり、すべて溶解性の項目である。とくに、Cl<sup>-</sup>の場合は乾性降下物による負荷量が0である。比率が2~5を示すのは、NH<sub>4</sub>-N、SN、TON、TN、INというようにすべて窒素の項目であるが、totalの項目も含まれている。比率が1~2を示すのは、TCOD、PN、PONであり、窒素の場合懸濁性でも降水の方が多くなっている。一方、比率が1以下、すなわち、乾性降下物の方が多くなっているのは、PP、SS、NO<sub>3</sub>-N、TP、SP、PCODであり、リンの各形態、懸濁性の項目およびNO<sub>3</sub>-Nである。他の窒素の項目すべてについて降水の方が多くなっているのと比較すると、NO<sub>3</sub>-Nは特異的である。以上をまとめると、降水の方が多いのは、リンを除く溶解性の項目とNO<sub>3</sub>-Nを除く窒素の各形態であり、乾性降下物の方が多いのは、リンの各形態、窒素を除く懸濁性の項目およびNO<sub>3</sub>-Nである。この結果を他の研究例と比較してみよう。安部<sup>1)</sup>によると、TNとNO<sub>2</sub>-Nでは比率が、それぞれ、1.50、1.94であり、本研究よりも小さいが、降水が多いという傾向は一致している。また、NH<sub>4</sub>-Nについても異常値を除くと降水が多いとなっており、本研究と同様である。しかし、NO<sub>3</sub>-Nでも比率が1.94と降水が多く、本研究とは逆の傾向を示している。さらに、TPでは比率が0.515と本研究と同程度であり、乾性降下物の方が多いという傾向が量的にも一致している。

最後に、降水中の組成について検討してみよう。まず、CODについてみると、SCOD/TCOD=0.788であり、降水中CODの約80%が溶解性であることがわかる。ただし、さきにも触れたようにデータ処理のため誤差があるので、(SCOD+PCOD)負荷量をTCOD負荷量として計算した(以下でも、同様の処理をした)。次に、窒素についていうと、SN/TN=0.870、SON/

TON=0.784であり、降水中TNの約90%、また、TONの約80%が溶解性である。また、IN/TN=0.412、NH<sub>4</sub>-N/IN=0.821、NO<sub>2</sub>-N/IN=0.026、NO<sub>3</sub>-N/IN=0.153である。したがって、降水中TNの約40%がINであり、その約80%がNH<sub>4</sub>-N、約15%がNO<sub>3</sub>-Nである。安部によるNH<sub>4</sub>-N/IN=0.527、NO<sub>3</sub>-N/IN=0.430と比較すると、NH<sub>4</sub>-Nの寄与が大きいことがわかる。一方、リンについてみると、PP/TP=0.617であり、降水中TPの約60%が懸濁性であり、COD、窒素と違ってリンの場合、粒子状での寄与が大きいといえる。

### 3. 3 降水中の水質濃度に関する基礎統計

本研究では、降水と乾性降下物とを合わせた試料を採取しているので、降水中的の水質濃度を直接得ることはできない。しかし、降水による負荷量を降水量で除することにより水質濃度を求めることができる。Table 5はそうして求めた降水中における水質濃度の平均、標準偏差、変動係数、最大値、最小値およびデータ数である。

他の調査でも報告されている項目について見てみよう。TN、IN、NH<sub>4</sub>-NおよびNO<sub>3</sub>-Nの平均濃度は、それぞれ、1250、532、423、124 μg/lである。田淵・高村のまとめた日本各地における調査では、それぞれ、580~1850、平均1100 μg/l(13地点)、280~2700、平均870 μg/l (25地点)、210~2180、平均560 μg/l (25地点)、70~960、平均310 μg/l (30地点)を示しており、本研究で得られた濃度はいずれもその変動の範囲に入っている。しかし、TNを除くと、その平均値より少し低い値である。一方、本研究で求めたTPの平均濃度は16 μg/lであり、田淵・高村による20~120、平均40

Table 4 The ratio of loadings by precipitation to loadings by dry fallout.

Item	Ratio	Item	Ratio
EC	10.3	TON	3.28
Cl <sup>-</sup>	∞	SON	5.61
SS	0.645	PON	1.41
TCOD <sub>cr</sub>	1.59	IN	2.26
SCOD <sub>cr</sub>	14.5	NH <sub>4</sub> -N	4.39
PCOD <sub>cr</sub>	0.400	NO <sub>2</sub> -N	7.37
TN	2.76	NO <sub>3</sub> -N	0.636
SN	3.32	TP	0.505
PN	1.41	SP	0.417
		PP	0.853

$\mu\text{g/l}$  (10地点) と比較すると、かなり低濃度である。

### 3. 4 降水量と負荷量との相関

Fig. 2 は、各調査期間の降水量と全降下物による負荷量とに関する散布図である。図中の直線は回帰直線である。また、Table 6 は両者の回帰分析の結果と乾性降下物による負荷量(降水量のなかった4回の調査期間の平均値)とをまとめたものである。

まず、両者の相関について検討してみよう。相関係数が0.7以上で強い相関を示すのはTNとTONであり、相関係数が0.5~0.7の弱い相関を示すのは、EC、TCOD、SCOD、SN、SON、INおよび $\text{NH}_4\text{-N}$ である。すなわち、 $\text{Cl}^-$ 、リン、窒素酸化物を除く溶解性とtotalの項目は降水量と負荷量との間に相関が認められる。これは、降水中での濃度がある程度一定であり、かつ、乾性降下物の影響が小さいことを示している。一方、相関係数が0.5未満で、データがばらつき、相関がはっきりしない項目は、SS、PCOD、PN、PONおよびPPという懸濁性の項目と $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TP、SPである。 $\text{Cl}^-$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ を除く項目は、3. 2で述べたように、乾性降下物の影響が大きいが無視できない項目である。また、 $\text{Cl}^-$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ は降水中の濃度が一定でない項目と考えられる。

次に、回帰直線の $\gamma$ 切片に注目してみよう。降水量と負荷量との間に強い相関がある場合、 $\gamma$ 切片は降水量0のときの負荷量であるから、乾性降下物によるものと解釈することができる。そこで、 $\gamma$ 切片と乾性降下物量とを比較してみると、相関係数の大小にかかわらず、ほとんどの項目で、両者のオーダーが一致していることがわかる。相関係数が小さくても両者のオーダーが一致するのは、それらの項目が、降水量の大小にかかわらず、乾性降下物の影響により一定の負荷量(≒乾性降下物量)を示しているためである。それは、例えば、Fig. 2 (f) で横軸方向にデータがばらついていることと対応している。このように、回帰直線の $\gamma$ 切片から、乾性降下物による負荷量のオーダーが推測可能である。

## 4. 結 言

降水および乾性降下物による負荷量に関して、1週間毎、通年の調査を実施した。得られた結果から、負荷量の季節変化特性および統計的特性を解明し、次の結論を得た。

(1) 12月から3月の冬季には、季節風の影響などにより、多くの項目で降水による負荷量が増加する。

Table 5 The statistics of concentrations in precipitation.

Unit : EC— $\mu\text{S/cm}$ ;  $\text{Cl}^-$ , SS,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ — $\text{mg/l}$ ; Nitrogen— $\mu\text{g/l}$ ; Phosphorus— $\mu\text{g/l}$ .

Item	Mean	Standard deviation	Coefficient of variation	Maximum	Minimum	Number of data
pH	4.74	0.219	0.061	6.0	4.4	45
EC	56.4	50.6	0.898	240	6.12	47
$\text{Cl}^-$	5.86	7.72	1.32	30.8	0.00	47
SS	6.72	12.1	1.81	50.0	0.00	47
$\text{TCOD}_{\text{Cr}}$	12.7	22.8	1.79	152	0.00	47
$\text{SCOD}_{\text{Cr}}$	10.1	16.4	1.62	109	0.00	47
$\text{PCOD}_{\text{Cr}}$	3.58	8.72	2.44	42.8	0.00	47
TN	1250	857	0.684	4190	138	47
SN	1150	964	0.838	4460	0.00	47
PN	174	387	2.22	2310	0.00	47
TON	723	515	0.713	2370	37.5	47
SON	623	563	0.903	2610	0.00	47
PON	174	387	2.22	2310	0.00	47
IN	532	452	0.850	1930	0.00	47
$\text{NH}_4\text{-N}$	423	310	0.732	1360	0.00	47
$\text{NO}_2\text{-N}$	15.1	11.7	0.774	52.8	0.72	47
$\text{NO}_3\text{-N}$	124	208	1.69	1120	0.00	47
TP	15.9	30.3	1.91	164	0.00	47
SP	6.32	16.5	2.61	89.6	0.00	47
PP	17.7	33.1	1.88	180	0.00	47



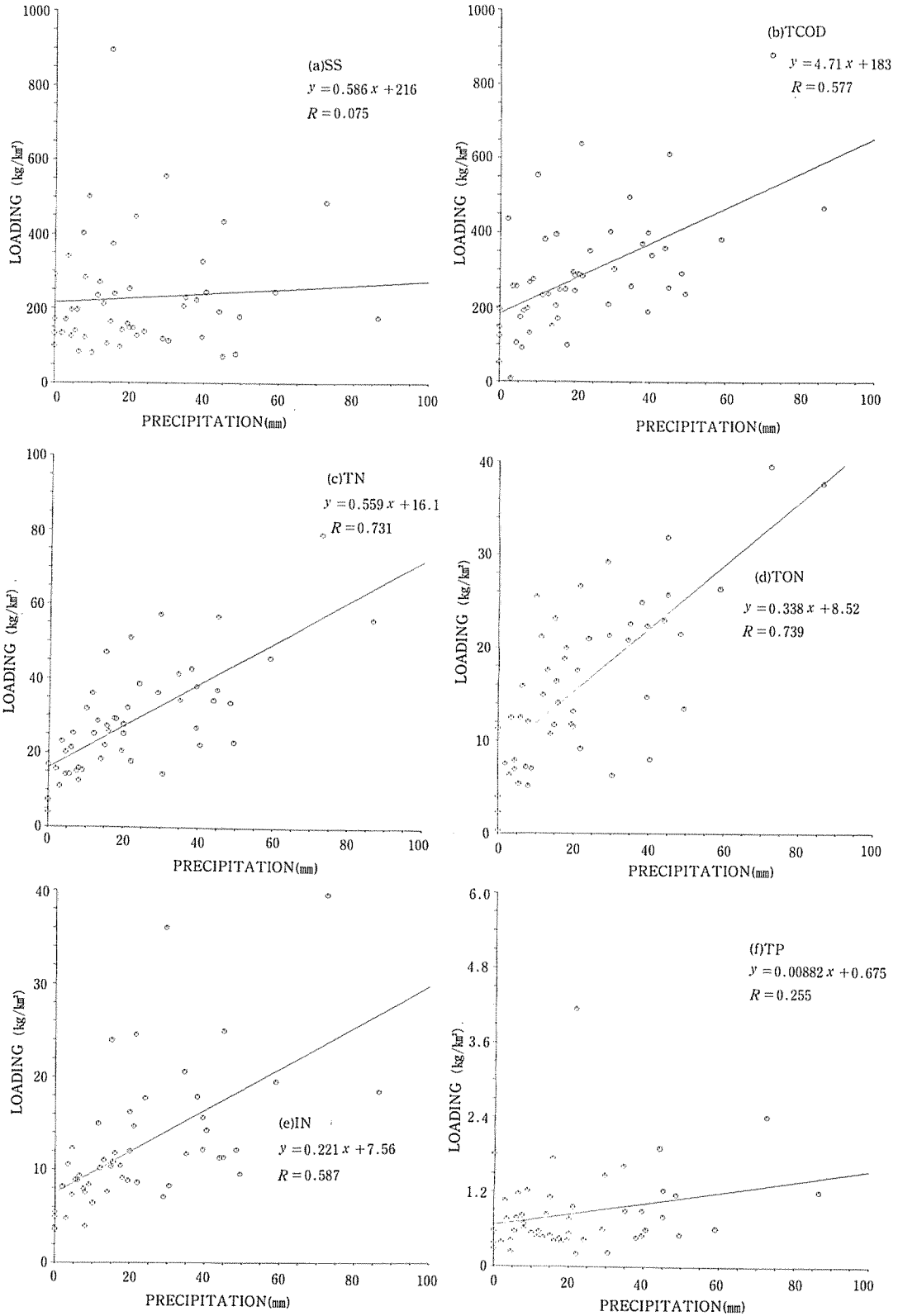


Fig.2 Relation between precipitation and loadings by total fallout.  $R$ : Correlation coefficient.

(2) TNの年間負荷量は、降水によるものが1100kg/km<sup>2</sup>/y、乾性降下物によるものが398 kg/km<sup>2</sup>/y、全降下物によるものが1490 kg/km<sup>2</sup>/yであり、降水による負荷量は他の調査で求められた日本各地の値と同程度である。

(3) INの年間負荷量は、降水によるものが452kg/km<sup>2</sup>/y、乾性降下物によるものが200 kg/km<sup>2</sup>/y、全降下物によるものが652 kg/km<sup>2</sup>/yであり、他の調査で求められた降水、全降下物による負荷量より少し低い値になっている。

(4) TPの年間負荷量は、降水によるものが17.1kg/km<sup>2</sup>/y、乾性降下物によるものが33.8 kg/km<sup>2</sup>/y、全降下物によるものが45.5 kg/km<sup>2</sup>/yであり、降水による負荷量は他の調査より低く、全降下物による負荷量は少し高い値になっている。

(5) 降水と乾性降下物による負荷量の大小を比較すると、降水の方が多いのは、リンを除く溶解性の項目とNO<sub>3</sub>-Nを除く窒素の各形態であり、乾性降下物の方が多いのは、リンの各形態、窒素を除く懸濁性の項目およびNO<sub>3</sub>-Nである。

(6) 降水中の組成についていうと、CODの約80%、TNの約90%、TONの約80%が溶解性である。また、TNの約40%がINであり、その約80%がNH<sub>4</sub>-N、

約15%がNO<sub>3</sub>-Nである。一方、TPは約60%が懸濁性である。

(7) 降水中のTN、IN、NH<sub>4</sub>-NおよびNO<sub>3</sub>-Nの平均濃度は、それぞれ、1250、532、423、124 μg/lであり、他の調査と同程度の値である。また、TPの平均濃度は16 μg/lであり、かなり低い値である。

(8) Cl<sup>-</sup>、リン、窒素酸化物を除く溶解性とtotalの項目は、降水量と全降下物による負荷量との間に相関係数0.5以上の相関が認められた。これは、降水中的の濃度がある程度一定であり、かつ、乾性降下物の影響が小さいことを示している。また、負荷量の降水量に関する回帰直線のノッチ片から、乾性降下物による負荷量のオーダーが推測可能であることがわかった。

## 謝 辞

水質分析、データの計算について、1986～88年度ゼミ学生の協力を得た。ここに記して謝意を表したい。

## 参 考 文 献

1) 安部善也(1988) 大気からの栄養塩降下量とその

Table 6 Results of the regression analysis and loadings by dry fallout.  
Unit of A and B : EC—10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>μS/cm<sup>2</sup>, the others—kg/km<sup>2</sup>.

Item	Correlation coefficient	Y-intercept (A)	Loading by dry fallout (B)	$\frac{ B-A }{B}$
EC	0.523	414	117	2.54
Cl <sup>-</sup>	0.448	12.2	0.00	—
SS	0.075	216	178	0.213
TCOD <sub>Cr</sub>	0.577	183	135	0.356
SCOD <sub>Cr</sub>	0.627	63.0	12.5	4.04
PCOD <sub>Cr</sub>	0.072	120	123	0.0244
TN	0.731	16.1	9.12	0.765
SN	0.686	13.3	6.75	0.970
PN	0.294	2.81	2.37	0.186
TON	0.739	8.52	4.52	0.885
SON	0.681	5.72	2.17	1.64
PON	0.294	2.81	2.37	0.186
IN	0.587	7.56	4.60	0.643
NH <sub>4</sub> -N	0.636	4.17	2.00	1.09
NO <sub>2</sub> -N	0.438	0.187	0.0378	3.95
NO <sub>3</sub> -N	0.040	3.20	2.57	0.245
TP	0.255	0.675	0.776	0.130
SP	0.183	0.306	0.433	0.293
PP	0.223	0.370	0.343	0.0787

- 変動—降水とドライフォールアウトによるものの特  
性一，国立公害研究所研究報告，第116号：13-24.
- 2) 服部明彦編 (1988) 湖沼汚染の診断と対策，日刊  
工業新聞社，東京，271pp.
- 3) 奥川光治 (1989) 降水および乾性降下物による汚  
濁負荷に関する調査データ，富山県立技術短期大学  
研究報告，第23巻：(投稿中).
- 4) 田淵俊雄，高村義親 (1985) 集水域からの窒素・  
リンの流出，東京大学出版会，東京，226pp.

### Pollutant Loadings by Precipitation and Dry Fallout

Koji OKUGAWA

A weekly survey on pollutant loadings by precipitation and dry fallout, was performed through a year to evaluate seasonal changes and statistical characteristics of the loadings. Firstly, it became clear that the loadings of many items increased in winter because of an effect of seasonal winds etc. Secondly, the basic statistics of the loadings were analyzed. The annual loadings by precipitation, dry fallout and total fallout were 1100, 398, 1490 kg/km<sup>2</sup>/y respectively for total nitrogen and 17.1, 33.8, 45.5 kg/km<sup>2</sup>/y for total phosphorus. The loadings were compared between precipitation and dry fallout. The loadings by precipitation were much more for soluble items except phosphorus and each species of nitrogen except NO<sub>3</sub>-N. Water quality composition in precipitation was evaluated. About 80% of COD<sub>Cr</sub>, about 90% of total nitrogen and about 80% of total organic nitrogen were soluble. About 40% of total nitrogen was inorganic nitrogen. About 80% and 15% of that were NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N. About 60% of total phosphorus was particulate. Thirdly, mean concentrations in precipitation were evaluated. Lastly, the relation between precipitation and loadings by total fallout was analyzed. The correlation, in which a correlation coefficient was greater than 0.5, was found for soluble and total items except chloride ion, phosphorus and nitrogen oxide. It means that concentrations in precipitation for those items were constant in some degree and an effect of dry fallout was small.

(平成元年1月30日受理)