

浮遊粒子状物質の粒径分布による四季特性

小 玉 幹 生 富 樫 浩 二
齋 藤 勝 美 進 藤 正 勝*

1. は じ め に

浮遊粒子状物質(ダスト)の粒径分布に関する既往の報文あるいは筆者等の既報¹⁾からもダストは自然界の活動に生成源をもつもの(自然的要因)と産業活動に伴なうもの(人為的要因)に大別されるが、さらに今回は年間を通してこれらの量的な把握と挙動から秋田の四季特性をとらえたので報告する。

2. 調 査 方 法

(1) 期 間 昭和52年4月7日～53年5月7日(サンプリングは10日間毎)

(2) 調査地点 茨島 — 工業地域に隣接した商業地域
 中通 — 商業地域の中心地
 天王 — 田園地域

(3) 測定機器

8段型アンダーセン・エア・サンプラー(高立機器—Model KA-200)

吸引空気量 28.3 ℓ_{in}

ロー・ポリウム・エア・サンプラー(新宅製作所—FKS型)

吸引空気量 2.0 ℓ_{in}

3. 結 果

(1) ダスト量の把握

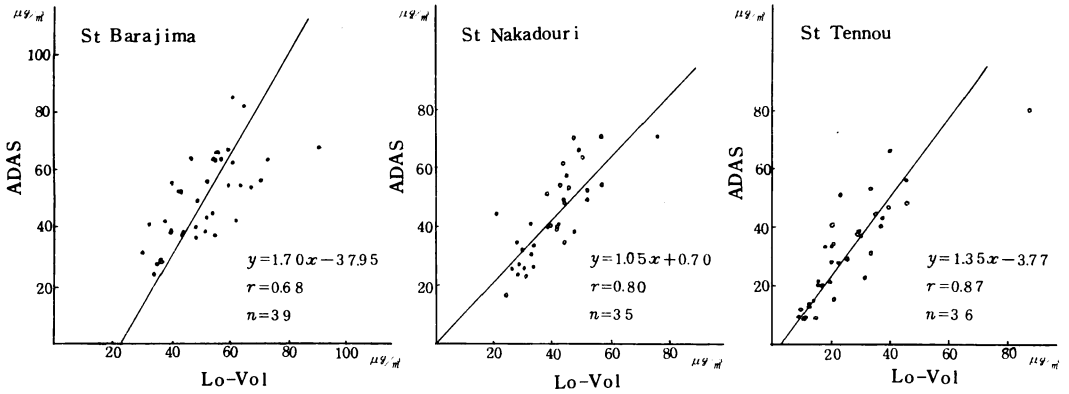
アンダーセン・サンプラーによる10mm以下のダスト量とロー・ポリウムサンプラーによるダスト量の比較をFig-1に示す。

これによると相関係数が0.68～0.87とアンダーセンの測定精度が比較的良いことがわかる。

ダスト濃度は茨島、中通、天王の順に高く、季節別ではすべての地点で春>秋>夏>冬の順となっている。

※ 現在秋田県環境保健部公害課

Fig-1 Correlation diagram of low volume air sampler and andersen air sampler



(2) 自然的、人為的要因の区分

ダストの累積分布曲線を数値微分することにより、頻度分布曲線を得、この曲線のおちこみがみられた $1.52 \mu\text{m}$ を境に自然的要因 ($1.52 \sim 10 \mu\text{m}$)、人為的要因 ($0.08 \sim 1.52 \mu\text{m}$) に分離したのが Table-1 である。

全ダスト濃度に占める粗大粒子 (自然的要因) の割合は春期が最も多く $40 \sim 45\%$ 、以下夏期が $37 \sim 39\%$ 、秋期 $33 \sim 34\%$ 、冬期 $28 \sim 37\%$ となっている。地点別では最高が天王の春期で 45% 、最低は中通の冬期の 28% であった。

Table-1 Concentration of Naturel and Artificial particles

Season	Station	No Samples (回)	total dust ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$10 \mu\text{m}$ under ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Natural phenomena ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Artificial Works ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Natural total	Natural Artificial
Spring 52.4.7 ~5.27 53.2.27 ~5.8	Barajima	12	80.04	62.82	35.45	27.37	0.44	1.30
	Nakadouri	12	72.40	54.81	29.21	25.60	0.40	1.14
	Tennō	10	53.53	43.31	24.20	19.11	0.45	1.27
Summer 52.5.27 ~8.27	Barajima	9	56.18	44.78	21.82	23.07	0.39	0.95
	Nakadouri	9	42.89	36.63	15.86	20.77	0.37	0.76
	Tennō	9	35.69	28.95	13.85	15.10	0.39	0.92
Autum 52.8.27 ~11.27	Barajima	9	55.80	48.13	19.16	26.74	0.34	0.72
	Nakadouri	8	48.43	43.29	16.44	26.85	0.34	0.61
	Tennō	9	39.03	35.86	12.88	22.98	0.33	0.56
Winter 52.11.27 ~3.27	Barajima	9	50.93	39.10	17.34	21.87	0.34	0.79
	Nakadouri	9	37.26	30.89	10.31	20.59	0.28	0.50
	Tennō	9	16.75	15.24	6.24	9.00	0.37	0.69

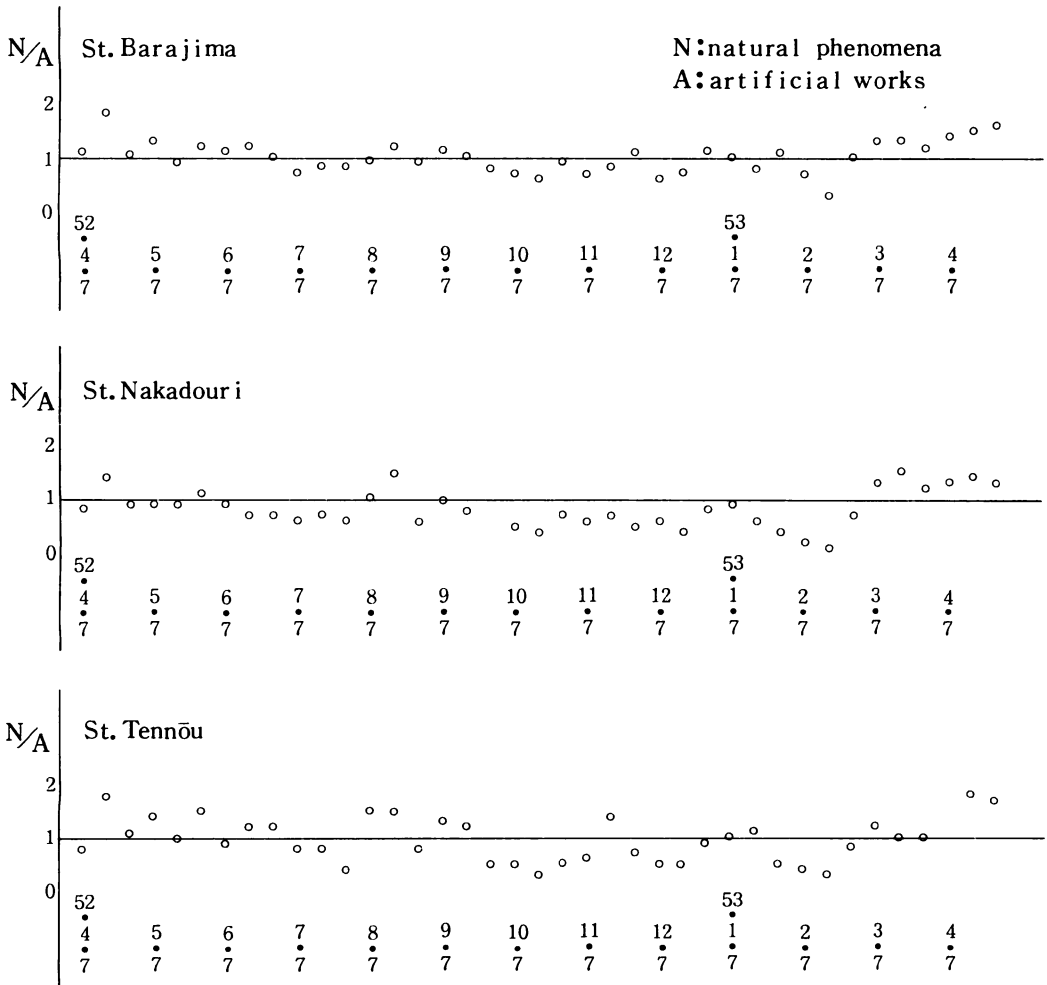
(3) 四季特性

ダストの四季的濃度変動は、人為的要因よりもむしろ、自然的要因に起因すると考え、 N/A の値を用いて四季特性をとらえてみることにした。(ここで、 N/A は、人為的要因に対する自然的要因の比である。)

Fig-2は、縦軸に N/A 、横軸に採取期間をとり、 N/A の値をプロットしたものである。

これを見ると冬期は N/A 値が極端に小さく、春期が大きく、また、夏期、秋期は多少 N/A 値が低く、夏期、秋期の区分は明確にはでていない。次に10月中旬から11月上旬にかけて稲の収穫時に農家が田んぼで稲わらを焼却することにする発生する稲わらスモッグ時でも相対濃度はかなり高くなるのが N/A 値でみた場合は極端な変化は見られなかった。

Fig-2 The ratio of natural phenomena to artificial works



4. 考 察

このように冬期が N/A 値が小さく春期が大きいのは冬期は積雪のため自然的要因が減少するのに対し、春期は他の季節に比べて平均風速で約1～2%高く（年報第5号、テレメーター局、月平均風速）このために乾燥しつつある地表面からの土壌等の舞い上がりが大きく影響しているものと思われる。また秋の稲わらスモッグ時でも N/A 値が極端な変動がないのはスモッグの発生は風向、風速等の気象的要因を非常に受けやすくしかも発生継続時間が短いのに対し、アンダーセンによるダストの採取には10日間も要するというサンプリング時間の問題があったためと思われる。

5. 参 考 文 献

- 1) 秋田県公害技術センター年報 第5号

岩見川自然汚濁負荷量調査

小林 裕 加藤 潤 高橋 昇
北嶋 哲彦[※] 大橋 猛

1. 緒 論

秋田県において、AA類型河川の環境基準達成率が低下し、その原因究明の一環として、人為的汚濁の少ないと考えられる河川上流部における自然的汚濁負荷量を把握することが必要であり、軽視することが出来ない問題と思われる。

しかしながら、人為的汚濁を受けていないと思われる河川上流部の自然的汚濁に関する研究は、二、三の例¹⁾²⁾³⁾をみるにすぎない。我々は岩見川水系の上流部について調査し、洞沢¹⁾の方法を用いて自然汚濁量を算出し、自然汚濁濃度を推定したので報告する。

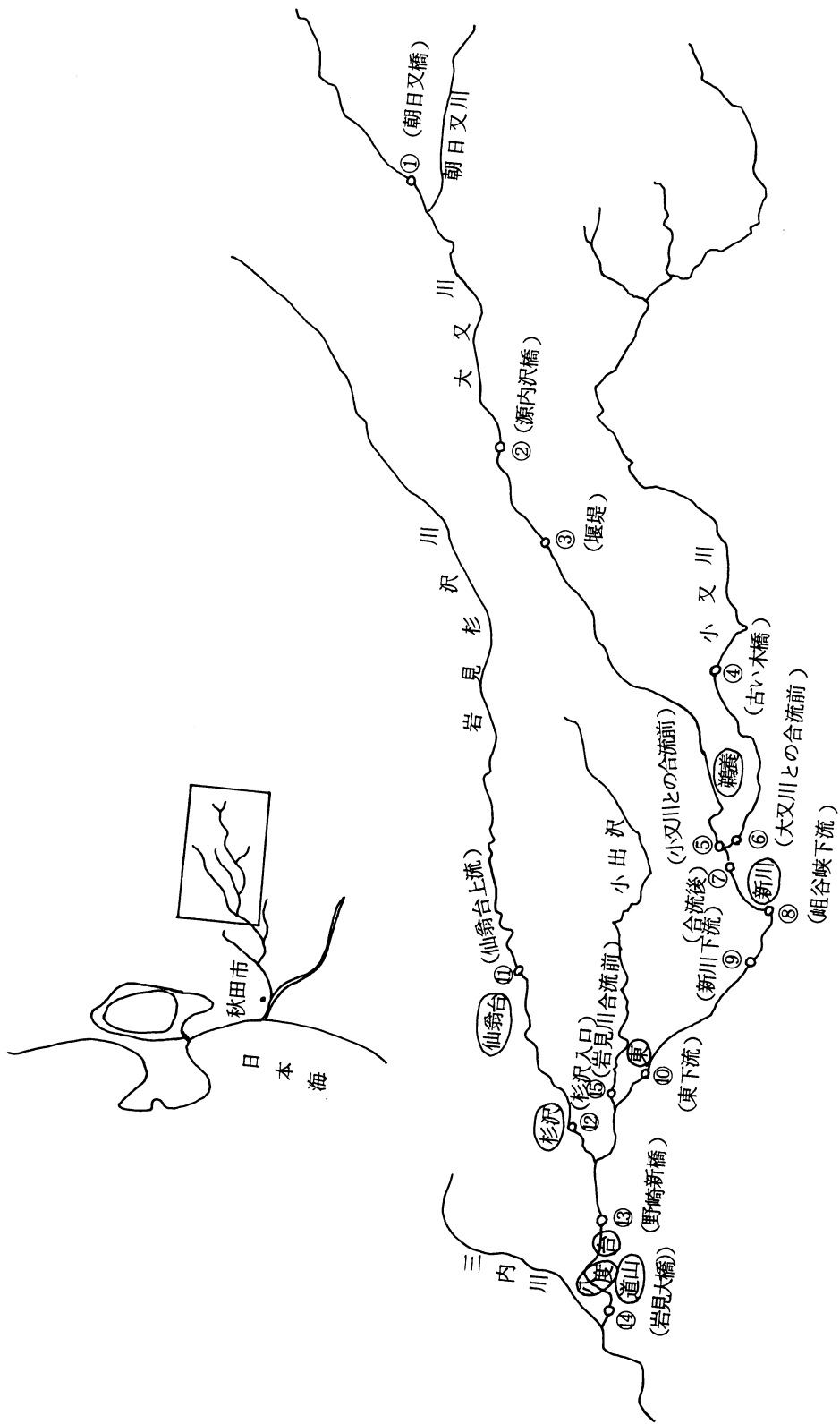
2. 調査対象水域とその調査地点の特色

図-1に示すとおり岩見川は大又川、小又川及び岩見杉沢川よりなり、いずれも山間部から流出した点で家庭排水、工場排水等の汚濁を著明に受けておらないため自然汚濁負荷を調査するには好都合であると判断し調査を実施した。調査地点は図-1に示すとおり、15地点で、その特色を表-1に示す。なお、AA類型環境基準点はNo.14の岩見大橋である。

表-1 岩見川水系における調査地点図

No.	河 川	地 点	特 色
1	大 又 川	朝 日 又 橋	人為的汚濁ほとんどなし。川幅せまい。流速大。
2	〃	源 内 沢 橋	人為的汚濁ほとんどなし。川床は石ころ多く乱流状態。
3	〃	堰 堤	人為的汚濁ほとんどなし。
4	小 又 川	古 い 木 橋	人為的汚濁ほとんどなし。川幅せまい。
5	大 又 川	合 流 前 木 の 橋	鶴養部落より家庭排水、畜産排水流入。川幅せまく流速大。
6	小 又 川	合 流 前 古 い 橋	鶴養部落より家庭排水、畜産排水流入。川幅せまいが流速ゆるやか。
7	岩 見 川	岨 谷 峡 上 流	大きな岩あり。流速大。
8	〃	岨 谷 峡 下 流	大きな岩あり。流速大。エアレーション大。
9	〃	新 川 下 流	新川部落より家庭排水流入。上流200mで河川改修工事中。
10	〃	東 下 流	東部落より家庭排水流入。
11	岩見杉沢川	仙 翁 台 上 流	人為的汚濁ほとんどない。川幅せまい。
12	〃	杉 沢 入 口	家庭排水流入。川幅せまい。
13	岩 見 川	野 崎 新 橋	流速大。川床は石ころ多く乱流状態。
14	〃	岩 見 大 橋	家庭排水流入。AA基準の境界。
15	小 出 沢	岩見川との合流前	家庭排水流入。川幅せまい。

※ 現在秋田県秋田保健所環境公害係



例 (杉沢) は集落名

図一 岩見川水系における調査地点図

3. 調査時期と調査方法

調査は9月12日、10月12日、11月15日の計3回行った。調査方法は常法通り行ったが流量については特に負荷量を算出するために重要であり、川幅がせまい場合は50cm間隔、その他の場合は1m間隔で計測した。

4. 分析方法

pH（水素イオン濃度） ガラス電極法

κ （導電率） 東亜電波製導電率計

DO（溶存酸素） JIS K 0102 24.3の方法

BOD（生物化学的酸素要求量） JIS K 0102 16の方法

SS（浮遊懸濁物質） 環境庁告示附表4の方法

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ （アンモニウムイオン） JIS K 0102 17.1.2Aの方法

$\text{NO}_2^- - \text{N}$ （亜硝酸イオン） 上水道試験法 19.2の方法

$\text{NO}_3^- - \text{N}$ （硝酸イオン） JIS K 0102 17.3.2の方法

T-N（総窒素） ケルダール窒素 + $\text{NO}_2^- - \text{N}$ + $\text{NO}_3^- - \text{N}$ の方法

T-P（総リン） JIS K 0102 解説27の方法

Fe（鉄） JIS K 0102 47.2の方法

SO_4^{2-} （硫酸イオン） JIS K 0102 32.1の方法

Cl^- （塩素イオン） モール法

5. 調査結果及び考察

調査及び分析結果は表-2のとおりである。今回の調査では全て環境基準（生活項目）を満足している。

表-2 岩見川水系における調査結果

St. No	採水時刻	天候	色相	透視度 (cm)	流量 (m^3/sec)	気温 ($^{\circ}C$)	水温 ($^{\circ}C$)	pH	κ ($\mu v/cm$)
St. 1 大又川 朝又橋	9/12 10:00	晴	無色透明	>50	1.23	24.5	14.4	7.3	53.3
	10/12 10:17	小雨	無色透明	>50	1.09	8.2	10.1	7.3	55.7
	11/15 10:10	小雨	無色透明	>50	1.00	9.1	8.3	7.0	55.0
St. 2 大又川 源内沢橋	9/12 11:00	晴	無色透明	>50		22.0	15.2	7.5	54.7
	10/12 11:02	小雨	無色透明	>50		8.0	10.5	7.4	56.8
	11/15 10:50	小雨	無色透明	>50		9.8	8.4	7.4	60.3
St. 3 大又川 堰堤	9/12 11:36	晴	無色透明	>50	1.89	25.0	15.3	7.4	56.3
	10/12 11:20	小雨	無色透明	>50	1.50	11.0	10.8	7.3	57.6
	11/15 11:05	小雨	無色透明	>50	1.88	10.0	8.5	7.3	58.5
St. 4 小又川 古い木橋	9/12 12:37	晴	無色透明	>50	0.64	24.0	15.4	7.4	62.1
	10/12 12:38	小雨	無色透明	>50	0.60	8.0	10.8	7.4	62.3
	11/15 12:40	小雨	無色透明	>50	0.74	11.0	8.8	7.4	63.3
St. 5 大又川 鶺鴒下流	9/12 13:10	晴	無色透明	>50		23.8	17.4	7.5	58.8
	10/12 13:10	くもり	無色透明	>50		9.0	11.2	7.4	59.4
	11/15 13:10	小雨	微濁色	>50		10.8	8.8	7.4	56.7
St. 6 小又川 鶺鴒下流	9/12 13:46	晴	無色透明	>50		24.7	17.8	7.4	65.9
	10/12 13:22	くもり	無色透明	>50		10.0	11.7	7.3	69.8
	11/15 13:25	くもり	無色透明	>50		10.8	8.4	7.3	68.2
St. 7 大又川、小 又川合流後	9/12 14:20	晴	無色透明	>50		24.0	17.7	7.5	59.4
	10/12 13:35	くもり	無色透明	>50		8.0	11.3	7.4	61.1
	11/15 13:35	雨	無色透明	>50		10.8	8.9	7.3	63.9
St. 8 岩見川 岨谷峡下流	9/12 14:05	晴	無色透明	>50		24.3	17.4	7.4	58.2
	10/12 13:50	小雨	無色透明	>50		10.5	11.4	7.5	59.9
	11/15 13:39	雨	微褐色	>50		10.8	9.0	7.3	63.4
St. 9 岩見川 新川部落下流	9/12 13:36	晴	無色透明	>50	2.65	26.0	17.3	7.5	60.3
	10/12 13:37	くもり	無色透明	>50	2.23	11.0	11.3	7.4	63.8
	11/15 12:45	小雨	微濁色	37.5	2.76	10.5	8.9	7.4	60.9
St. 10 岩見川 東部落下流	9/12 13:00	晴	微黄色	>50		26.0	17.7	7.3	69.2
	10/12 13:25	くもり	無色透明	>50		11.5	11.7	7.3	67.9
	11/15 12:35	雨	微濁色	48.2		10.5	9.1	7.3	72.3
St. 11 岩見杉沢川 仙翁台上流	9/12 11:55	晴	無色透明	>50	0.95	22.0	15.8	7.5	70.2
	10/12 11:45	小雨	無色透明	>50	0.58	11.5	11.4	7.5	72.8
	11/15 11:10	雨	無色透明	>50	0.58	9.8	9.5	7.4	76.5
St. 12 岩見杉沢川 杉沢部落入口	9/12 11:20	晴	無色透明	>50	0.77	25.5	16.7	7.5	72.8
	10/12 11:05	くもり	無色透明	>50	0.70	11.0	11.3	7.5	74.5
	11/15 10:55	雨	無色透明	>50		9.7	9.4	7.4	77.2
St. 13 岩見川 野崎新橋	9/12 10:50	晴	無色透明	>50		25.0	17.8	7.5	71.5
	10/12 10:45	小雨	無色透明	>50		11.0	11.6	7.4	74.0
	11/15 10:45	小雨	無色透明	>50		10.0	9.1	7.3	74.6
St. 14 岩見川 岩見大橋	9/12 9:45	快晴	無色透明	>50	4.12	24.0	17.1	7.5	71.4
	10/12 9:40	小雨	無色透明	>50	3.99	11.0	11.6	7.4	73.0
	11/15 9:45	雨	無色透明	>50	3.98	11.0	9.1	7.4	73.0
St. 15 小出沢岩見川 との合流前	10/12 12:57	小雨	無色透明	>50	0.09	12.6	12.4	7.4	124
	11/15 12:10	小雨	濁色	10.7	0.18	10.2	9.7	7.2	117

DO (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	T-P (mg/l)	T-Fe (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	C l ⁻ (mg/l)
9.5	0.4	<1	0.08	<0.07	<0.007	0.07	<0.006			
10	0.5	<1	0.10	<0.07	<0.007	0.10	0.007	<0.1	4.5	15.0
10	0.3	<1	0.09	<0.07	<0.007	0.09	0.092		3.5	10.7
9.3	0.6	<1	<0.07	<0.07	<0.007	<0.07	<0.006			
10	0.2	<1	0.09	<0.07	<0.007	0.08	0.006	<0.1	4.8	15.0
10	0.2	<1	<0.07	<0.07	<0.007	<0.07	<0.006		3.6	10.9
9.3	0.4	<1	<0.07	<0.07	<0.007	<0.07	<0.006			
10	0.4	<1	0.10	<0.07	<0.007	0.09	<0.006	<0.1	3.8	17.3
10	0.3	<1	0.09	<0.07	<0.007	0.08	0.006		3.5	13.2
9.2	0.5	<1	0.11	<0.07	<0.007	<0.07	0.009			
10	0.3	1	0.10	<0.07	<0.007	0.08	0.007	<0.1	3.0	17.0
10	0.6	1	0.10	<0.07	<0.007	0.09	0.006		3.0	14.9
9.0	0.7	<1	0.11	<0.07	<0.007	<0.07	0.007			
10	0.5	1	0.12	<0.07	<0.007	0.10	0.006	<0.1	4.4	16.0
10	0.4	6	0.11	<0.07	<0.007	0.10	<0.006		4.6	13.1
8.8	0.6	<1	0.09	<0.07	<0.007	0.07	0.009			
9.9	0.3	1	0.16	<0.07	<0.007	0.14	0.006	<0.1	4.7	17.0
10	0.3	2	0.14	<0.07	<0.007	0.14	<0.006		5.7	13.4
8.9	0.4	<1	0.13	<0.07	<0.007	0.07	0.006			
10	0.5	1	0.13	<0.07	<0.007	0.12	0.011	<0.1	4.4	17.3
10	0.5	4	0.13	<0.07	<0.007	0.12	0.016		4.2	12.4
8.9	0.6	1	0.10	<0.07	<0.007	0.07	<0.006			
10	0.3	1	0.14	<0.07	<0.007	0.12	0.006	<0.1	4.3	20.5
10	0.3	5	0.15	<0.07	<0.007	0.15	<0.006		4.6	12.7
8.8	0.6	1	0.15	<0.07	<0.007	0.08	0.006			
10	0.4	1	0.15	<0.07	<0.007	0.12	<0.006	<0.1	5.2	18.3
10	0.4	1	0.10	<0.07	<0.007	0.10	<0.006		5.0	13.9
9.0	0.8	5	0.32	<0.07	<0.007	0.09	0.008			
10	0.5	1	0.12	<0.07	<0.007	0.12	0.006	<0.1	7.4	24.3
10	0.4	7	0.15	<0.07	<0.007	0.13	0.008		8.2	11.8
9.2	0.6	1	0.18	<0.07	<0.007	0.14	0.006			
10	0.4	1	0.21	<0.07	<0.007	0.19	0.009	<0.1	4.6	24.2
10	0.2	1	0.19	<0.07	<0.007	0.18	0.009		5.5	13.6
9.3	0.7	2	0.18	<0.07	<0.007	0.14	0.006			
10	0.3	1	0.20	<0.07	<0.007	0.18	0.007	<0.1	6.5	22.0
10	0.2	3	0.19	<0.07	<0.007	0.18	0.016		6.7	14.9
9.2	1.0	1	0.28	<0.07	<0.007	0.12	<0.006			
10	0.6	1	0.17	<0.07	<0.007	0.16	0.013	<0.1	7.4	20.0
10	0.5	<1	0.17	<0.07	<0.007	0.17	0.007		7.3	16.0
9.6	0.8	2	0.22	<0.07	<0.007	0.11	0.008			
10	0.4	1	0.18	<0.07	<0.007	0.17	0.006	<0.1	7.5	18.4
10	0.4	<1	0.17	<0.07	<0.007	0.15	0.031		7.5	14.9
10	0.6	1	0.11	<0.07	<0.007	0.08	0.010	0.13	18.2	22.7
10	0.5	13	0.13	<0.07	<0.007	0.09	0.022		16.4	18.6

5.1 流量と降水量

岩見川の流量と比流出量について昭和38年から47年までの10年間について調査³⁾しているの
で表-3に示す。

降水量については調査当日より2日前までのものを表-4に示すが今回の調査では3回とも
水量的には平水量に近い。

表-3 小又川道山地点における水資源開発調査報告書

(m^3/s)

年 度	豊 水	平 水	低 水	渇 水	最 大	最 小	年平均	合 計
昭和38年	8.03	4.70	2.98	1.77	41.67	1.73	6.59	2,404.40
昭和39年	7.61	4.36	3.17	2.29	51.11	2.12	6.78	2,482.54
昭和40年	7.18	4.44	2.90	2.09	57.93	2.00	6.36	2,319.86
昭和41年	8.62	5.27	3.17	2.48	71.34	2.39	7.39	2,699.04
昭和42年	5.77	3.39	2.68	2.26	30.68	2.17	5.20	1,898.48
昭和43年	6.03	3.58	2.68	2.09	33.61	2.02	5.22	1,911.16
昭和44年	5.76	3.33	2.57	2.13	47.17	2.02	5.31	1,939.54
昭和45年	4.66	2.72	2.29	1.98	26.76	1.93	4.76	1,737.68
昭和46年	6.37	3.74	2.69	1.94	52.69	1.84	5.37	1,961.18
昭和47年	7.82	4.92	3.59	2.37	74.65	2.29	6.84	2,502.57
平均年	6.78	4.04	2.87	2.14	55.49	2.05	5.98	2,185.64
比流量($\ell/km^2 \cdot s$)	73.11	43.58	30.96	23.08	597.96	22.10	64.46	

流域面積 92.8 km^2

表-4 降水量(岩見三内)

年 月 日	降水量 (mm)	備 考
53. 9. 10	16	24 hr
9. 11	0	24 hr
9. 12	0	0:00~15:00 15 hr
10. 10	10	24 hr
10. 11	14	15:00~24:00 9 hr
10. 12	1	9:00~10:00 1 hr
11. 14	0	24 hr
11. 15	8	9:00~14:00 5 hr

5.2 分析結果

DOはほとんどが飽和度90~100%の範囲であり、pH、SSと同様、顕著な変化は見られない。窒素、リンは下流に流下するにつれて濃度は高くなり人家があると濃度は高くなるが、濃度的に過少のため汚濁負荷量として表現するには困難である。 K 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- についても同様である。また第一鉄が多く存在するとBODの値に影響を及ぼすが、今回の調査ではFeの濃度が過少でありBODには影響していないと思われる。

5.3 汚濁負荷量とBOD濃度の推定

洞沢¹⁾が指摘しているように集水地域の単位面積当りの汚濁負荷量 ($L_{BOD} - A$) は比流出量 (Q_A) と相関し、 $L_{BOD} - A$ は Q_A と一緒に考えなければ汚濁上の意義が釈明しがたいとしている。我々は洞沢が山形県内諸河川上流部で、あまり人工汚濁を受けていない河川で使用した式 ($L_{BOD} - A = 0.08 \times Q_A - 0.3$) を使用し、 $L_{BOD} - A$ の推定とBOD濃度の推定をしてみた。その結果を表-5に示す。表-5の9月にはNo.14(岩見大橋)では河川上流区域のBOD推定値と実測値が一致し、洞沢の式を採用して良いと思われるが、No.14より上流部については一致せず実測値が下回っている。10月、11月の調査でも全て同様である。洞沢は人為的汚濁のあまり受けていない河川上流水域では平均流量時、だいたいBODが0.9ppmとし、その内0.7ppmが自然汚濁によると推定しているが、岩見川水系での自然汚濁によるBOD濃度は実測値から判断するともっと低いと思われる。そこで今回のデータより $L_{BOD} - A$ と Q_A についてプロットし、岩見川水系における $L_{BOD} - A$ の推定式 ($y = 0.0435 Q_A - 0.1840$ — (1)) を求めた。(図-2参照)

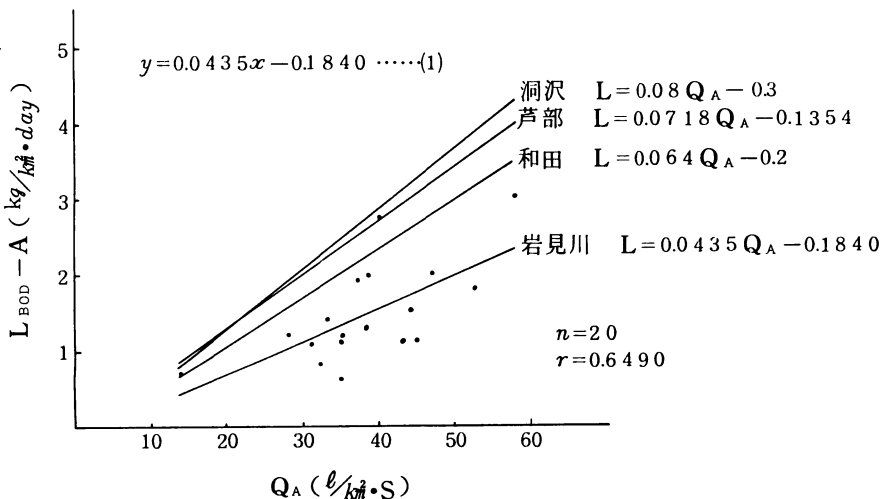


図-2 岩見川水系における比流量と自然負荷量との関係

表-5 単位面積当たりの汚濁負荷量及びBOD濃度の推定

2.0 x 1.23 x 10^3 x 60 x 60 x 124 x 10^-6

= 42.51

項 目		採水月日	地点			α_1
			①	③	④	
Q	(m ³ /s)	9. 12	1.23	1.89	0.64	
		10. 12	1.09	1.50	0.62	
		11. 15	1.00	1.88	0.74	
A	(km ³)		23.2	42.6	19.2	9.9
Q _A	(l/km ² ・s)	9. 12	53.01	44.37	33.33	
		10. 12	46.98	35.21	32.29	
		11. 15	43.10	44.13	38.54	
実 測 BOD	(ppm)	9. 12	0.4	0.4	0.5	
		10. 12	0.5	0.4	0.3	
		11. 15	0.3	0.3	0.6	
L _{BOD}	(kg/day)	9. 12	42.51	65.32	27.65	44.41
		10. 12	47.09	51.84	16.07	9.16
		11. 15	25.92	48.73	38.36	8.30
L _{BOD} - A	(kg/km ² ・day)	9. 12	1.83	1.53	1.44	4.49
		10. 12	2.03	1.22	0.84	0.93
		11. 15	1.12	1.14	2.00	0.84
洞 沢 の 方 法	L _{BOD} - A の推定 (kg/km ² ・day)	9. 12	3.94	3.25	2.37	
		10. 12	3.46	2.52	2.28	
		11. 15	3.15	3.23	2.78	
	L _{BOD} - nat A の推定 (kg/km ² ・day)	9. 12	3.18	2.66	2.00	
		10. 12	2.82	2.11	1.94	
		11. 15	2.59	2.65	2.31	
	河川上流区域のBOD の推定 (ppm)	9. 12	0.86	0.85	0.82	
		10. 12	0.85	0.83	0.82	
		11. 15	0.85	0.85	0.83	
	自然汚濁BOD濃度の 推定 (ppm)	9. 12	0.69	0.69	0.69	
		10. 12	0.69	0.69	0.64	
		11. 15	0.70	0.70	0.69	
(1) 式 の 方 法	L _{BOD} - A の推定 (kg/km ² ・day)	9. 12	2.12	1.75	1.27	
		10. 12	2.00	1.35	1.22	
		11. 15	1.69	1.74	1.49	
	河川上流区域の BODの推定 (ppm)	9. 12	0.46	0.46	0.44	
		10. 12	0.49	0.44	0.44	
		11. 15	0.45	0.46	0.45	
人為的汚濁率 (%)	9. 12	48 %				
	10. 12	33 %				
	11. 15	24 %				

⑨	⑩	⑮	α_2	⑭	備 考
2.65	0.95	(0.135)*		4.12	Q : 流量 * 10月と11月の平均推定
2.23	0.58	0.09		3.99	
2.76	0.58	0.18		3.98	
71.7	16.4	6.3	9.0	103.4	A : 集水面積
36.96	57.93	21.43		39.85	$Q_A = \frac{Q}{A} \times 1,000$: 比流出量
31.10	35.37	142.9		38.59	
38.49	3537	2857		38.49	
0.6	0.6	0.5 *		0.8	* 10月と11月の平均推定
0.4	0.4	0.6		0.4	
0.4	0.2	0.5		0.4	
137.38	49.25	6.42	91.72	284.77	$L_{BOD} = Q \times BOD \times 86.4$: BODの負荷量
77.07	20.04	4.67	36.11	137.89	
95.39	10.02	7.78	24.36	137.55	
1.92	3.00	1.02	10.19	2.75	$L_{BOD} - A = L_{BOD} / A$: 単位面積当たりのBOD負荷量
1.07	1.22	0.74	4.01	1.33	
1.33	0.61	1.23	2.71	1.33	
2.66	4.33	1.41		2.89	$L_{BOD} - A = 0.08 \times Q_A - 0.3$
2.19	2.53	0.84		2.79	
2.78	2.53	1.99		2.78	
2.22	3.48	1.29		2.39	自然汚濁による $L_{BOD} - A$ の推定 $L_{BOD} - natA = 0.06 \times Q_A$
1.87	2.12	0.86		2.32	
2.31	2.12	1.71		2.31	
0.83	0.87	0.76		0.84	$BOD = \frac{L_{BOD} - A \times 1,000}{Q_A \times 86.4}$
0.82	0.83	0.68		0.84	
0.84	0.83	0.81		0.84	
0.70	0.70	0.70		0.69	$BOD = \frac{L_{BOD} - natA \times 1,000}{Q_A \times 86.4}$
0.70	0.69	0.70		0.70	
0.69	0.69	0.69		0.69	
1.42	2.34	0.75		1.55	$L_{BOD} - A = 0.0435 \times Q_A - 0.184$
1.17	1.35	0.44		1.49	
1.49	1.35	1.06		1.49	
0.44	0.47	0.41		0.45	$BOD = \frac{L_{BOD} - A \times 1,000}{Q_A \times 86.4}$
0.44	0.44	0.36		0.45	
0.45	0.44	0.43		0.45	
					α_1 : ⑨ - (③ + ④)
					α_2 : ⑭ - (⑨ + ⑩ + ⑮)
					人為的汚濁率 = $\frac{L_{BOD}(\alpha_1) + L_{BOD}(\alpha_2)}{L_{BOD}(\text{⑭})}$

これによると河川上流部における推定BOD濃度は0.4 ppm前後でNo. 1、4、11など人為的汚濁がほとんど考えられない地点でのBOD濃度とほぼ一致する。

さらに秋田県分析化学センターで昭和52年度に岩見大橋で4回調査を行っている。そこで洞沢の式と我々が求めた式でBOD濃度を推定した。その結果を表-6に、各調査日の降水量を表-7に示す。水量的には4月と10月が豊水量で、6月と8月は低水量となっている。しかるに洞沢の式及び我々の式から求めた河川上流区域のBOD推定値と実測値は各々異なっている。これは降水量がそのつど変り、流量が平均的でないばかりでなく河川そのものの状態が異なるためと思われる。しかし我々の式から求めたBOD推定値は0.4 ppm前後であり、人為的汚濁の比較的少ないと考えられる岩見川上流区域においては妥当な値であり、岩見川においては我々が求めた式の関係が成りたつものと考ええる。

表-6 単位面積当たりの汚濁負荷量及びBOD濃度の推定

項目	S52.4.7	S52.6.22	S52.8.4	S52.10.9	
Q (m ³ /s)	6.23	3.02	3.13	7.07	
A (km ²)	103.4	103.4	103.4	103.4	
Q _A (l/km ² ・s)	60.25	29.21	30.27	68.38	
実測 BOD (ppm)	1.5	1.1	0.6	0.7	
L _{BOD} (kg/day)	807.41	287.02	162.26	427.59	
L _{BOD} -A (kg/km ² ・day)	7.81	2.78	1.57	4.14	
洞沢の方法	L _{BOD} -Aの推定 (kg/km ² ・day)	4.52	2.04	2.12	5.17
	L _{BOD} -natの推定 (kg/km ² ・day)	3.62	1.75	1.82	4.10
	河川上流区域のBODの推定 (ppm)	0.87	0.81	0.81	0.88
	自然汚濁BOD濃度の推定 (ppm)	0.70	0.69	0.70	0.69
(1)方式の法	L _{BOD} -Aの推定 (kg/km ² ・day)	2.44	1.09	1.13	2.79
	BODの推定 (ppm)	0.47	0.43	0.43	0.47

表-7 降水量(岩見三内)

年月日	降水量 (mm)	備考
52.4.5	0	24 hr
4.6	2	24 hr
4.7	3	24 hr
6.20	0	24 hr
6.21	0	24 hr
6.22	0	24 hr
8.2	1	24 hr
8.3	9	24 hr
8.4	0	24 hr
10.7	0	24 hr
10.8	7	24 hr
10.9	3	24 hr

6 ま と め

今回の調査では岩見川水系上流部における自然的汚濁BOD濃度は0.4 ppm前後であり、その汚濁量は流量(降水量も加味)と集水面積に依存すると思われる。その他、BODに対する因子として、地質、地形、気候等があげられる。現段階においては、岩見川水系の自然汚濁濃度は推定

に過ぎないが、今後、数多くの調査により確定的な結果が得られるものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 洞沢 勇：用水と廃水 Vol 15 No 11 (1973)
- 2) 和田安彦：用水と廃水 Vol 20 No 4 (1978)
- 3) 芦部良生：第12回下水道研究発表会講演集 449～451 (1973)
- 4) 水資源開発調査報告書 秋田県 昭和50年
- 5) 秋田県分析化学センターからの私信

水稲のカドミウム吸収抑制に関する試験

〈ポット試験〉(第3報)

鈴木 憲* 武藤 公二
三浦 平則 大橋 猛

1. 目 的

水稲によるカドミウム(以下Cdと略記)の吸収を抑制する方法として、土壤中Cdを吸収されにくい形態にする方法と土壤中Cdを除去する方法の2つがあげられる。我々は過年度来、後者に属するものとして土壤中Cdの塩酸(以下HClと略記)抽出除去法に関連した水稲のポット試験・現地試験を行い、その可能性と問題点について知見を得てきた。今回は土壤中CdのHCl抽出処理が水稲の生育・収量・Cd吸収に与える影響を土壤中Cd濃度・土壤pH・水管理などそれぞれ効果が比較的明確になっている因子との関連でとらえる目的でポットによる試験を行った。

2. 方 法

- (1) 試験場所……公害技術センター構内
- (2) 供試土壌……重金属濃度の高い増田土壌(以下M-土と略記)とそれより低い鷹巣土壌(以下T-土と略記)の2種。(表-1)
- (3) 試験区設定……上記2種土壌と下記(b)~(d)の3処理法を組合わせた合計16処理(ポット)1区制。(L₁₆直交表割付、表-2)
 - (a) 土 壌
52年度供試のものを処理の種類別に混合、風乾、再調整した後に供試
 - (b) 土壌のHCl抽出処理
51年度にこの処理を行い、51・52年に供試したものを本年(53年)さらに風乾、再調整して供試。(表-1)
処理方法については当所報第4号に掲載
 - (c) pH 調 整
pH 6.5区は炭カル、pH 5.0区は1N硫酸を計算量加えてかくはんし、1週間後pHを測定し再度必要量を加えて調整
 - (d) 水 管 理
落水区は7月7日以降落水し、畑土壌程度の水分を保って酸化的に経過した。常時湛水区は代かき後刈取りまでの全生育期間を湛水状態とした。

※ 現在秋田県衛生科学研究所

(4) 栽培概要

風乾土……ポット a/2,000 あたり 7.5 kg 充填

施肥量……各区共通

N、P₂O₅、K₂O 各 1 g /ポット

(硫加リンアン11号 7.7 g /ポット)

水稻品種……トヨニシキ(秋田農試産、畑苗、草丈 13 cm、分けつ無し)

栽植密度……2本を1株としてポット当り2株植

移植月日……5月23日

刈取月日……10月26日

その他……病害虫防除のためスミチオン、フジワンを適宜散布

(5) 重金属測定

玄米ならびに茎葉中の重金属濃度の測定にあたっては、硝酸-過塩素酸分解後に直接原子吸光法による。

表-1 供試土壌の重金属濃度

土 壤	分析法分析項目	全 分 解 法 (ppm)						0.1 N-HCl抽出法(ppm)					
		Cu	Pb	Zn	Cd	Fe▲	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn
増田土壌		545	149	630	6.39	1.27	369	291	36	244	6.42	204	192
鷹巣 "		132	47	259	3.40	1.23	348	37	6.8	59	3.25	55	160
増田塩酸処理土壌		375	131	425	1.55	1.33	380	163	31	94	1.34	248	228
鷹巣 "		102	45	214	0.77	1.24	431	21	4.7	26	0.71	73	214

53年度分析値(▲Feのみ%)

表-2 試験区の構成と内容(L₁₆直交表割付)

ポット No	要 因				要 因 (処 理) 内 容
	(A) 土 壤	(B) HCl 処 理	(C) pH	(D) 水 管 理	
1	1	1	1	1	(要因) (水準) (A) 土 壤 1. M-土壌(重金属濃度高い) 2. T- "(" 低い) (B) HCl抽出処理 1. 無処理 2. 処 理 (C) pH調整 1. pH低(5.0) 2. "高(6.5) (D) 水管理 1. 落 水 2. 常時灌水
2	1	1	1	2	
3	1	1	2	1	
4	1	1	2	2	
5	1	2	1	1	
6	1	2	1	2	
7	1	2	2	1	
8	1	2	2	2	
9	2	1	1	1	
10	2	1	1	2	
11	2	1	2	1	
12	2	1	2	2	
13	2	2	1	1	
14	2	2	1	2	
15	2	2	2	1	
16	2	2	2	2	

3. 結 果

(1) 水稻の生育状態ならびに玄米収量

試験区毎の結果を表-3に、要因分析結果を表-4に示した。またHCl処理に関して有意となったものについての要因解析図を図-1~5に示した。

(2) 玄米ならびに茎葉中の重金属濃度

玄米・茎葉それぞれについて試験区毎の結果を表-5、6に、要因分析結果を表-7(1)、(2)に示した。Cd以外の重金属濃度は参考までに掲載したものである。また、Cd濃度がHCl処理について有意となったものの要因解析図を図-6、7に示した。

4. 考 察

(1) 水稻の生育状態ならびに玄米収量

水稻の生育におよぼす土壤のHCl抽出処理の影響としては表-4の草丈・茎数・稈長などの要因分析結果にあらわれているように、主効果およびpHとの交互作用が有意であった。それぞれについて各水準の母平均の推定を行いグラフ化したものが図-1~4である。図-3はHCl抽出処理により生育が劣ったことを示しているが、同様の傾向が図-1、2、4の低pH区には全てあらわれている。しかしながら、高pH調整を行った区ではHCl無処理のものと同程度かむしろ向上しており、HCl処理を施してもpHを6.5前後に調整することにより生育の劣勢を改善することが可能と考えられる。

玄米収量についてもHCl抽出処理の主効果およびpH調整との交互作用が有意であり、各水準の母平均の推定を行い図-5に示した。生育の場合と同様に低pH区ではHCl処理による収量の低下が観察されるが、高pH区ではHCl処理に関する2つの水準間に差がないことが明らかである。

(2) 玄米ならびに茎葉中のCd濃度

重金属濃度に関する要因分析結果を表-7に示したが、玄米・茎葉ともにCdについては水管理に次いでHCl処理が有意となっている。HCl処理とpH調整との交互作用は危険率5%で有意ではなかったが、生育ならびに収量に関しては有意であるため無視せずに推定を行いグラフ化して図-6、7に示した。図よりHCl処理の主効果としてのCd濃度低下が明らかであると同時に、HCl抽出処理と高pH調整の組み合わせがHCl無処理と低pH調整の組み合わせに比較し、玄米・茎葉それぞれ幾何平均にして $1/2$ 以下、 $1/3$ 以下になっているのが判る。また、HCl無処理と高pH調整の組み合わせが高いCd濃度を与える傾向も示されている。

5. 結 論

土壤中の塩酸抽出処理により水稻の茎葉ならびに玄米中のCd濃度は低下したが、水稻の生育・

玄米の収量にはマイナスの影響を与える。しかし、土壌を高pH状態に調整することにより生育の劣勢を改善できる。また、交互作用は有意ではないが、塩酸抽出処理と高pH調整との組合せは玄米中のCd濃度の低減にも効果的である。

表-3 稲の生育状態並びに玄米収量

ポット No	要因				6月30日				7月3日		7月24日		出 穂 月 日	9月3日			玄米 収量
	(A) 土 壌	(B) 酸 処 理	(C) pH	(D) 水 管 理	pH	Eh ₆ (mV)	草 丈	茎 数	pH	Eh ₆ (mV)	草 丈	茎 数		穂 長	穂 長	穂 数	
1	1	1	1	1	6.05	136	46	12	6.45	271	75	49	8/11	74	16.5	46	51.4
2	1	1	1	2	6.21	89	42	14	5.82	90	78	52	8/9	76	19.0	48	73.8
3	1	1	2	1	6.67	74	43	14	6.36	86	81	51	8/11	75	16.0	46	35.4
4	1	1	2	2	6.55	80	47	17	6.73	76	78	60	8/9	79	16.0	50	75.8
5	1	2	1	1	5.83	56	44	11	6.02	1	80	51	8/9	81	18.0	41	41.9
6	1	2	1	2	6.11	-30	38	9	6.50	-10	70	61	8/12	70	16.5	51	54.3
7	1	2	2	1	6.63	17	44	13	6.76	28	78	54	8/11	92	18.0	46	48.6
8	1	2	2	2	6.50	-10	50	17	6.49	14	77	65	8/10	79	17.5	45	67.2
9	2	1	1	1	5.64	143	53	24	5.69	35	79	63	8/8	80	16.5	50	47.3
10	2	1	1	2	5.62	-39	50	19	6.21	42	80	58	8/10	75	16.5	43	49.5
11	2	1	2	1	6.42	-25	45	13	6.73	65	79	56	8/9	80	17.0	45	53.7
12	2	1	2	2	6.38	-40	47	13	6.21	-18	84	52	8/11	77	19.0	47	68.6
13	2	2	1	1	5.89	-108	44	12	5.79	-39	69	55	8/13	68	14.5	51	30.3
14	2	2	1	2	5.69	-73	47	17	5.60	-63	74	50	8/10	68	16.5	42	37.8
15	2	2	2	1	6.47	91	51	16	6.33	51	81	54	8/8	78	16.5	42	52.9
16	2	2	2	2	6.58	-33	49	16	6.36	23	75	57	8/12	82	15.0	48	66.6

単位：草丈、穂長、穂長はcm 基数、穂数はポット当り本数
玄米収量はポット当りg

Eh測定はポット内土壌に電極挿入、5～10分間の測定値である。

表-4 生育・収量に関する要因分析結果

要因	6月30日		7月24日		9月13日	玄収 米量
	草丈	茎数	草丈	茎数	穂長	
A 土 壌	*	*				*
B HCl 処理			*			*
C pH					*	**
D 水 管 理						**
A × B						*
A × C		*				*
A × D				*		*
B × C	*	*			*	*
B × D						*
C × D						*

* 5%危険率で有意

** 1% " で "

表-5 玄米中の重金属濃度

(風乾物当たり ppm)

ポット No	(A) 土 壌	(B) HC ₂ 処理	(C) pH	(D) 水 管 理	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe		Mn	
						平均		平均		平均		平均		平均		平均
1	1	1	1	1	6.75	6.95	0.08	0.10	30.0	30.6	0.516	0.522	9.8	10.3	43.6	43.6
					7.15		0.12		31.2		0.527		10.7		43.6	
2	1	1	1	2	4.59	4.65	0.10	0.10	22.5	22.6	0.050	0.047	9.4	9.3	21.8	22.5
					4.70		0.10		22.6		0.043		9.2		23.2	
3	1	1	2	1	8.62	8.88	0.14	0.12	33.1	33.0	2.78	2.64	9.6	9.3	78.8	78.0
					9.14		0.09		32.9		2.50		9.0		77.2	
4	1	1	2	2	4.29	4.42	0.12	0.13	19.3	19.9	0.041	0.040	8.1	8.0	18.0	18.6
					4.55		0.13		20.5		0.038		7.8		19.2	
5	1	2	1	1	6.38	6.46	0.09	0.10	27.2	27.5	0.169	0.179	8.7	9.0	47.9	52.0
					6.54		0.10		27.7		0.188		9.2		56.1	
6	1	2	1	2	3.74	3.87	0.06	0.10	22.6	22.2	0.014	0.015	9.2	9.2	21.3	21.1
					4.00		0.13		21.8		0.015		9.2		20.8	
7	1	2	2	1	5.62	5.74	0.03	0.09	25.9	26.2	0.150	0.170	8.9	9.1	46.6	45.9
					5.86		0.15		26.4		0.190		9.2		45.2	
8	1	2	2	2	3.88	3.69	0.07	0.07	21.9	21.7	0.015	0.017	8.9	8.8	20.5	20.6
					3.50		0.06		21.5		0.019		8.6		20.6	
9	2	1	1	1	6.33	6.40	0.17	0.12	25.0	25.5	0.927	0.904	9.5	9.3	65.9	71.5
					6.47		0.07		25.9		0.884		9.0		77.0	
10	2	1	1	2	3.71	3.68	0.13	0.10	16.4	16.8	0.013	0.014	10.3	10.6	20.1	20.9
					3.65		0.07		17.1		0.015		10.8		21.7	
11	2	1	2	1	5.71	5.76	0.10	0.08	22.5	22.5	0.471	0.468	9.0	9.2	52.8	56.1
					5.81		0.05		22.5		0.464		9.4		59.3	
12	2	1	2	2	3.51	3.55	0.10	0.08	20.2	20.2	0.043	0.040	9.0	9.2	21.5	22.4
					3.59		0.06		20.1		0.036		9.4		23.3	
13	2	2	1	1	6.38	6.71	0.06	0.04	29.6	28.6	0.457	0.447	9.0	8.8	104	112
					7.05		0.02		27.5		0.436		8.5		120	
14	2	2	1	2	3.25	3.19	0.12	0.12	13.4	13.7	0.014	0.015	10.5	10.2	19.1	20.0
					3.13		0.12		14.1		0.015		9.9		20.8	
15	2	2	2	1	4.74	4.95	0.11	0.10	23.6	23.7	0.076	0.073	9.7	9.5	37.0	35.5
					5.15		0.08		23.7		0.069		9.3		34.0	
16	2	2	2	2	2.96	3.08	0.14	0.09	16.6	16.4	0.012	0.012	9.1	9.1	20.7	21.3
					3.19		0.04		16.1		0.011		9.1		21.9	

註 1ポット当たり2株植 左右の株を別々に分析した。

表-6 茎葉中の重金属濃度

(風乾物当たり ppm)

ポット No	(A) 土 壤	(B) HCℓ 処理	(C) pH	(D) 水 管理	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe		Mn	
						平均		平均		平均		平均		平均		平均
1	1	1	1	1	8.4	9.2	1.3	1.4	147	155	3.28	3.48	139	165	792	809
					10.0		1.5		162		3.68		191		826	
2	1	1	1	2	5.7	5.5	1.3	1.1	56.2	59.4	0.19	0.22	249	259	218	238
					5.2		0.9		62.6		0.24		268		257	
3	1	1	2	1	16.6	15.5	1.3	1.8	279	272	22.4	19.5	195	224	2070	2,010
					14.3		2.2		264		16.6		253		1,950	
4	1	1	2	2	4.2	4.3	1.3	1.4	53.0	46.9	0.22	0.16	205	211	147	147
					4.3		1.5		40.8		0.09		217		147	
5	1	2	1	1	9.2	9.1	1.2	1.4	99.2	100.1	0.92	0.94	179	174	1,110	1,170
					8.9		1.6		101		0.96		168		1,230	
6	1	2	1	2	3.3	3.2	1.9	1.7	52.9	50.8	0.077	0.075	374	330	188	192
					3.1		1.4		48.6		0.073		286		195	
7	1	2	2	1	7.0	6.8	1.0	1.2	85.1	91.5	1.08	1.07	155	154	970	887
					6.6		1.3		97.8		1.06		152		804	
8	1	2	2	2	3.2	2.9	0.9	1.0	38.5	42.2	0.053	0.060	206	199	174	167
					2.5		1.1		45.8		0.066		191		160	
9	2	1	1	1	8.0	7.7	2.4	2.1	111	118	4.96	5.21	273	223	1,700	1,625
					7.4		1.7		124		5.46		173		1,550	
10	2	1	1	2	2.6	2.7	1.3	1.5	18.5	18.7	0.067	0.057	290	289	115	121
					2.8		1.7		18.9		0.047		288		126	
11	2	1	2	1	7.0	7.1	2.0	1.8	65.4	70.6	2.73	3.04	215	198	1,560	1,345
					7.1		1.5		75.8		3.35		181		1,130	
12	2	1	2	2	2.9	2.8	1.2	1.3	29.7	30.4	0.16	0.17	188	188	174	188
					2.6		1.3		31.1		0.18		188		202	
13	2	2	1	1	10.1	10.3	2.4	2.4	110	122	3.42	3.74	220	202	2,710	2,605
					10.4		2.3		133		4.05		183		2,500	
14	2	2	1	2	2.5	2.5	1.7	1.5	16.6	16.6	0.040	0.037	181	213	118	115
					2.4		1.2		16.5		0.034		245		112	
15	2	2	2	1	5.3	5.5	1.0	0.9	57.2	53.1	0.37	0.34	158	165	718	646
					5.6		0.8		49.0		0.31		172		574	
16	2	2	2	2	2.1	2.2	1.4	1.3	21.6	21.9	0.058	0.062	198	209	140	137
					2.3		1.1		22.2		0.065		219		133	

註 1ポット当たり2株植 左右の株を別々に分析した。

表-7 要因分析結果

(1) 玄米の重金属濃度

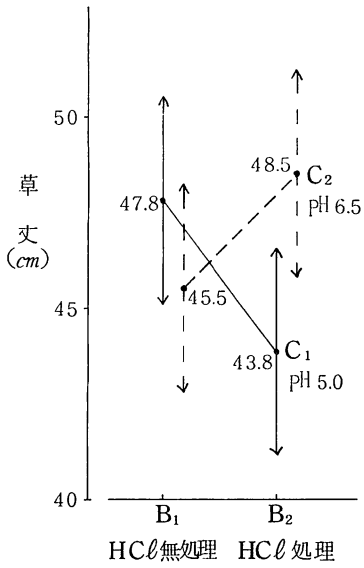
要 因	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe		Mn	
	F	ρ	F	ρ	F	ρ	F	ρ	F	ρ	F	ρ
(A) 土 壤	*	7.2			**	17.4						
(B) HCl 処理	*	5.7					**	12.0				
(C) pH									*	12.3		
(D) 水 管 理	**	70.2			**	59.6	**	74.8			**	79.1
A × B												
A × C												
A × D									*	11.0		
B × C												
B × D												
C × D									*	12.7		

注) F…F検定 *は5%危険率で有意 **は1%危険率で有意
 ρ …因子の寄与率(単位%)

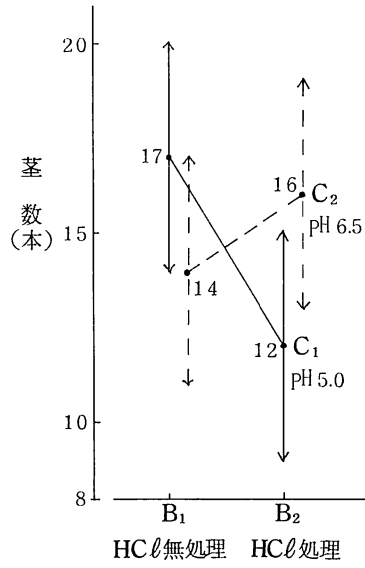
(2) 茎葉の重金属濃度

要 因	Cu		Pb		Zn		Cd		Fe		Mn	
	F	ρ	F	ρ	F	ρ	F	ρ	F	ρ	F	ρ
(A) 土 壤	*	7.2			**	18.4						
(B) HCl 処理	*	3.8			*	3.7	**	9.9				
(C) pH												
(D) 水 管 理	**	74.5			**	61.4	**	75.8	*	14.8	**	86.3
A × B												
A × C												
A × D												
B × C												
B × D												
C × D												

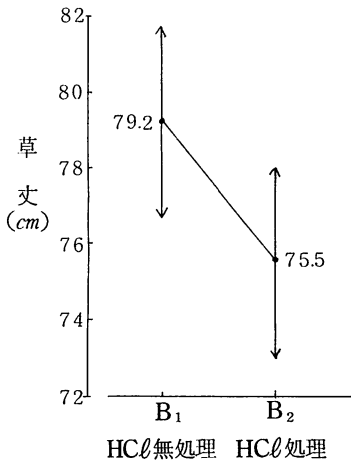
注) Fと ρ については同上



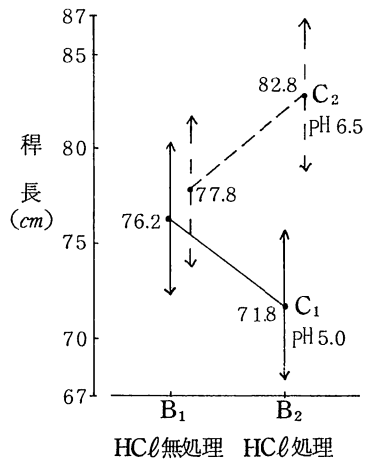
図一 1 6月30日 草 丈



図一 2 6月30日 茎 数



図一 3 7月24日 草 丈



図一 4 9月13日 稈 長

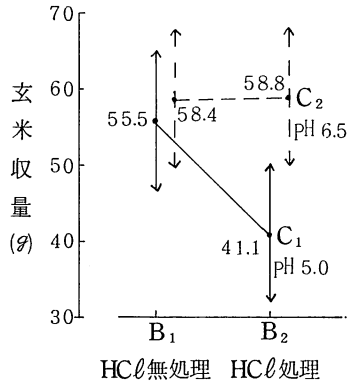


图-5 玄米収量

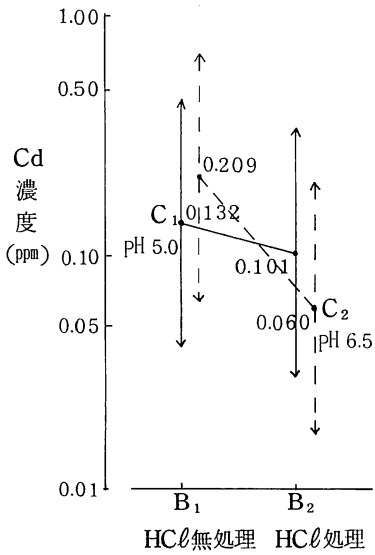


图-6 玄米中Cd濃度

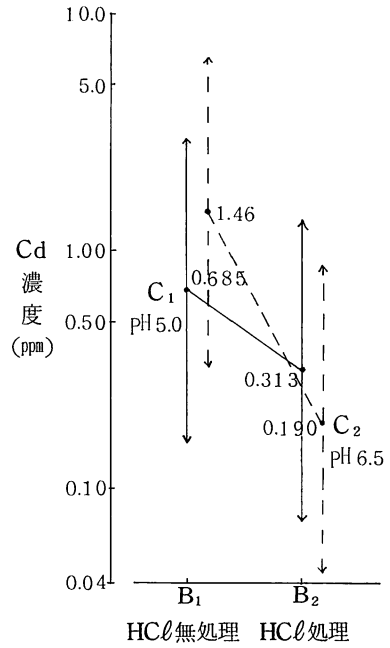


图-7 茎葉中Cd濃度