

# 矢出川上流部における土地利用と水環境の関係

井上 千晶<sup>1)</sup>・天田 高白<sup>2)</sup>・糸賀 黎<sup>3)</sup>

Relation between Landuse and Water Environment in the Upper Yade River.

Chiaki INOUE<sup>1)</sup>, Takaaki AMADA<sup>2)</sup> and Rei ITOGA<sup>3)</sup>

## 論文目次

1. はじめに	73	5. おわりに	87
2. 調査地域ならびに調査方法	74	・謝 辞	88
3. 調査結果	76	・引用文献	88
4. 土地利用と水環境	86	・ Summary	88

## 1. はじめに

野辺山原南部地域は、日本でも屈指の高原野菜の産地であり、また首都圏からのアクセスの良さ、ハッ岳東山麓上に広がる高原地帯という恵まれた自然環境からリゾート地としても注目されている。

野辺山原に環境の類似した、野菜の多肥栽培地域における水質問題について、N、Pの動向に注目した研究報告がいくつかある。桜井の報告<sup>1)</sup>では、菅平高原の河川上流部における農耕、集落地域上流部のNO<sub>3</sub>-N濃度が平均0.099 mg/lであるのに対して、その地域下流部の平均値は2.68 mg/lと農耕地、非農耕地間にNO<sub>3</sub>-N濃度の差があることを指摘している。そして窒素、磷の人為的汚染源として耕地からの肥料の流出、定住する人々の生活雑排水、し尿浄化槽排水をあげている。また農薬PCNBの水系への流出に注目した田瀬の報告<sup>2)</sup>では、調査地域である浅間山山麓は多量の農薬使用に加えて、土壌が有機物の少ない、透水性の非常によい火山噴出物に覆われていることから、地下水汚染を起こしやすい要因を備えていると述べている。今回の調査地域においても田中等<sup>3)</sup>による水文環境に関する研究がある。この論文中で田中らは、野辺山原南部における浅層部

---

1) 筑波大学環境科学研究科 Master's Program in Environmental Sciences, University of Tsukuba

2) 筑波大学農林工学系 Institute of Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba

3) 筑波大学農林学系 Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba

の地下水水質が、人為的汚染の影響を受けていることを指摘している。

筆者は、日本でも代表的な高原野菜産地である野辺山原を流下する矢出川上流部及びその支流において、水質、水生昆虫、汚濁負荷量について各季節ごとに調査を行ってきた。この調査結果を土地利用状況と重ねあわせる事により、水環境と土地利用状況との関係について考察を行った。特に $\text{NO}_3\text{-N}$ 等、窒素成分が河川の水環境に、いかに関わっているのか、またリゾート施設の混在する地域では、水環境がどのような状態を呈しているのかに着目して調査考察を行った。その結果、いくつかの興味ある知見が得られたのでここに報告する。

## 2. 調査地域ならびに調査方法

### 2-1. 調査地域の概要

野辺山原は八ヶ岳連峰南部の東山麓に広がる火山性扇状地であり、標高は1300 m 前後である。年平均気温は6℃以下、年降水量は1200～1400 mm という冷涼湿潤・内陸性の高地である。

野辺山原の地層はロームと扇状地性の砂礫層を主体とし、不透水性の溶岩等を含まないのが特徴である。土壌は黒色土、リン酸吸収力の高い酸性火山灰土壌である<sup>4)</sup>。

潜在自然植生は、ブナ群落と考えられているが古代からの人為影響により自然林はなくなり、水源付近にカラマツ人工林、河川沿いにミズナラ等の二次林が確認できるのみである<sup>5)</sup>。

野辺山原は、高原野菜の栽培では全国有数の産地であり、生産品目も多い。主要生産物は白菜、キャベツ、レタスであり、その3種で全生産量の3/4を占めている<sup>6)</sup>。施肥、農薬の散布は、3月～4月下旬の春と10月～11月の秋にかけて行われている<sup>7)</sup>(表1, 2)。但し施肥は、野辺山原全域で春・秋両季節に行われるわけではなく各農家によって現状は異なっている。ちなみに主力である石灰窒素系の肥料は、平成2年度では年間およそ100 tが野辺山原で販売され、各戸で機械散布されている。そして、べと病、根こぶ病、ハモグリバエ、ヨトウムシと言った病虫害防除を目的

表1. 野辺山地域における畑への標準年間施肥量<sup>6)</sup>

化成肥料	160kg/10a
炭酸苦土石灰	100～150kg/10a
熔成苦土リン肥	60～100kg/10a
堆肥	30t/ha

注) 化成肥料 (N:  $\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\text{K}_2\text{O}$ )

表2. ST4における畑への年間施肥量 (kg/ha)<sup>6)</sup>

N	P	K	Ca	Mg	Na
37,342.2	10,460.0	19,560.2	61,190.0	25,313.2	1,464.4

とした農薬散布は、6月梅雨入りから9月中旬にかけて行われている。

最近では農薬汚染の問題もあり、害虫の発生状態、防除基準にあった適正散布をする様に指導されているが、市場競争力の問題もあり現在の所、大幅削減には到っていない。

## 2-2. 調査方法

### (1) 土地利用状況

七つの採水地点を中心に集水域を明らかにするために水系図を作成した。次に土地利用状況を把握するため、2万5千分の1地形図を利用し、農地、集落、牧場、森林、ゴルフ場、スキー場等の区分をおこない野辺山土地利用区分図を作成した（図1，表3）。そして、各調査地点ごとに集水域内の土地利用の特色を以下のように区分した。(H)は矢出川本流部の、(S)は支流部の調査地点を表す。

- ST1(H). 矢出川本流最下流部
- ST1(S). 野辺山駅周辺に集中する集落の影響を受ける地点
- ST2. 森林域+リゾート施設（ゴルフ場、スキー場）
- ST2-2. 筑波大学川上村演習林
- ST3(H). 農耕地を主体とする地点
- ST3(S). 牧場
- ST4. 農耕地+牧場

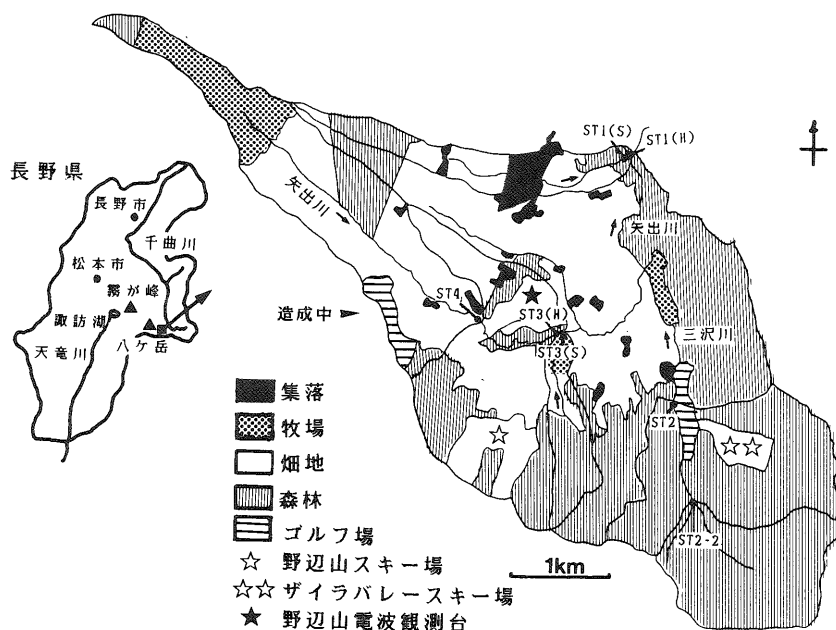


図1. 水系図及び土地利用区分図  
2万5千分の1地形図。八ヶ岳東部より作成

表 3. 野辺山土地利用面積比率表

調査地点	森 林	農 地	牧 場	集 落	リゾート	その他
ST 1 (H)	50%	35	5	2	7	1
ST 1 (S)	29%	53		18		
ST 2	91%				9	
ST 2-2	100%					
ST 3 (H)	26%	48	11	1	11	4
ST 3 (S)	67%	26	7			
ST 4	14%	58	22	1	6	

注) ST 1 (H) = 全調査地点内の比率

ST 2 = + ST 2-2

ST 3 (H) = + ST 4

## (2) 水質調査

表 4 に示した全 11 項目について 1989 年 10 月 3 日～1990 年 8 月 30 日の間に 7 回（秋 1989 年 10 月 3 日，冬 11 月 29 日，積雪時 1990 年 3 月 2 日，春 4 月 24 日，初夏 5 月 17 日，梅雨時 6 月 30 日，夏 8 月 30 日）調査を行った。

水質測定器を用いたものは採水現場にて測定を行った（表 4）。その他の項目は採水後，研究室へ当日中に持ち帰り，GF/C フィルターを用いて濾過，冷凍庫にて保存し，翌日より分析を行った。

## (3) 生物による水質調査

Beck-Tsuda 法<sup>8)</sup>を参考に 50 cm × 50 cm の木枠製コドラートを用い，その範囲内の水生昆虫を採集した。

表 4. 水質測定項目及び実験方法，測定機器

測定項目	実験方法，測定機器
水 温	ホリバ U7 水質測定器使用
pH	〃
電 導 度	〃
濁 度	〃
DO	〃
NH <sub>4</sub> -N	インドフェノール法
NO <sub>2</sub> -N	G-R 法
NO <sub>3</sub> -N	フェノールジスルホン酸法
T-P	過硫酸カリウム法
Cl <sup>-</sup>	モールの滴定法
COD	過マンガン酸カリウム法

# 3. 調査結果

## 3-1. 水質調査結果（表 5）

水質調査の結果は，各成分の変動傾向により大きく 2 つに区分できる。採水地点ごとにピークを示す時期が異なり，濃度変動の幅も大きな NH<sub>4</sub>-N，NO<sub>2</sub>-N，T-P に対して NO<sub>3</sub>-N，Cl<sup>-</sup>，DO の 3 成分は，いずれも類似した季節変動パターンを示している。すなわち後者の成分は，人為影響のほとんどない ST 2-2 を除く，いずれの地点でも秋 10 月～早春 3 月にかけて濃度の減少傾向がみられ，そして農業活動における春，秋の施肥後やゴルフ場の開場されている時期等，人間活動の活発化す

表 5．各調査地点水質調査結果

		秋	冬	積雪時	春融雪期	羽化期	梅雨期	夏 期
調査地点	項 目	10/3	11/29	1990.3/2	4/24	5/17	6/30	8/30
ST 1 (H)	NH <sub>4</sub> -N	4.07	1.26	11.41	17.12	7.37	45.87	19.30
	NO <sub>2</sub> -N	4.65	8.35	7.82	1.00	2.98	1.70	0.97
	NO <sub>3</sub> -N	2.90	2.85	2.35	1.85	2.32	2.63	1.56
	T-P	18.29	27.42	26.24	69.68	31.90	49.12	52.63
	Cl <sup>-</sup>	2.71	3.32	3.16	3.68	3.48	2.53	2.06
	水温 (℃)	12.3	6.5	4.0	6.7	14.7	11.7	6.6
	PH	6.6	7.9	7.3	7.6	7.6	7.1	6.6
ST 1 (S)	DO(ppm)	8.2	12.3	13.5	10.1	8.6	8.2	9.5
	NH <sub>4</sub> -N	21.31	2.44	122.60	2.83	12.52	18.16	7.96
	NO <sub>2</sub> -N	28.31	4.38	35.29	18.91	20.50	11.16	5.65
	NO <sub>3</sub> -N	13.55	9.40	4.50	2.47	9.28	10.30	8.73
	T-P	13.74	13.36	78.50	76.15	30.28	25.62	26.39
	Cl <sup>-</sup>	20.43	15.78	14.07	17.37	17.96	13.38	14.10
	水温 (℃)	12.3	7.2	5.3	7.6	15.7	13.0	16.7
ST 2	PH	7.4	8.0	7.8	7.2	7.3	7.0	6.2
	DO(ppm)	8.3	11.7	13.4	9.7	8.1	6.8	8.1
	NH <sub>4</sub> -N	15.15	4.21	28.56	tr	10.46	10.35	10.32
	NO <sub>2</sub> -N	3.83	3.78	31.00	tr	tr	0.43	tr
	NO <sub>3</sub> -N	0.07	0.14	0.32	0.19	0.15	0.14	0.01
	T-P	52.42	11.28	8.83	64.30	10.79	14.17	11.43
	Cl <sup>-</sup>	3.98	1.26	1.07	1.75	1.83	4.88	1.21
ST 2-2	水温 (℃)	13.0	5.1	3.2	8.5	9.2	13.1	18.7
	PH	6.6	7.8	7.2	6.9	7.8	7.3	6.4
	DO(ppm)	7.6	12.6	13.9	9.5	8	6.9	7.3
	NH <sub>4</sub> -N	4.38	0.67	tr	tr	4.79	8.11	7.60
	NO <sub>2</sub> -N	2.26	2.02	tr	tr	tr	tr	tr
	NO <sub>3</sub> -N	0.20	0.03	0.35	0.15	0.15	0.14	0.05
	T-P	4.64	5.06	4.84	tr	4.30	3.49	6.85
ST 3 (H)	Cl <sup>-</sup>	1.45	0.48	0.72	0.35	0.18	1.08	3.07
	水温 (℃)		4.3	2.3	6.1	12.7	11.7	15.3
	PH		7.8	7.5	7.4	7.8	7.4	6.7
	DO(ppm)		12.7	14	10	9.5	7.2	8.0
	NH <sub>4</sub> -N	63.50	3.62	2.46	12.36	61.92	14.00	22.48
	NO <sub>2</sub> -N	23.09	3.39	7.70	7.66	46.79	16.21	5.80
	NO <sub>3</sub> -N	4.50	3.60	2.70	2.83	2.97	5.60	3.18
ST 3 (S)	T-P	27.79	9.90	11.26	28.75	22.16	11.88	77.81
	Cl <sup>-</sup>	9.40	6.47	4.02	8.24	7.88	9.76	11.52
	水温 (℃)	13.0	5.4	2.7	8.5	15.3	14.6	19.7
	PH	6.8	7.8	6.8	6.9	7.4	7.0	6.5
	DO(ppm)	8.2	11.3	13.5	9.8	6.5	4.4	6.3
	NH <sub>4</sub> -N	126.01	218.30	5.48	72.90	26.92	336.75	308.00
	NO <sub>2</sub> -N	24.55	40.15	17.85	4.47	8.81	117.50	203.90
ST 4	NO <sub>3</sub> -N	4.75	2.60	2.70	2.25	2.50	3.60	1.31
	T-P	482.34	131.67	24.00	31.98	36.78	123.28	101.45
	Cl <sup>-</sup>	8.14	6.00	5.46	5.09	5.31	9.76	6.19
	水温 (℃)	13.5	8.9	5.6	10.7	16.4	14.0	19.3
	PH	6.2	7.5	5.5	7.1	7.9	7.00	6.50
	DO(ppm)	8.0	10.2	11.0	8.7	5.3	4.8	5.4
	NH <sub>4</sub> -N	66.89	7.45	7.56	27.32	6.85	24.99	13.17
ST 4	NO <sub>2</sub> -N	6.44	1.82	5.41	36.36	9.99	9.90	0.82
	NO <sub>3</sub> -N	6.10		2.60	3.31	3.25	7.10	1.06
	T-P	18.29	4.37	16.97	20.13	10.79	20.73	20.28
	Cl <sup>-</sup>	11.39	8.84	7.18	5.96	6.59	10.12	4.11
	水温 (℃)	15.5	8.5	6.2	14.7	18.4	14.1	24.8
	PH	6.5	7.9	7.4	7.2	7.6	7.4	7.6
	DO(ppm)	7.8	12.3	13.2	9.3	8.7	6.4	9.1

注) NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, T-P=μg/l, NO<sub>3</sub>-N, Cl<sup>-</sup>=mg/l

る時期には増大傾向がみられる。またし尿、生活雑排水由来と考えられる  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{T-P}$  は農耕地型調査地点よりも集落、牧場型調査地点 ST 1 (S)、ST 3 (S) で特徴ある傾向がみられる。これらの地点では  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{T-P}$  の濃度が他の調査地点に比べてかなり高い。牧場型の場合は 10, 11, 6, 8 月に濃度が高くなり、集落型の場合 3 月に際だったピークを示す。季節変動の形も他の調査地点とは異なり、かつ変動量も大きい。

全ての項目で変動の極めて少ない ST 2-2 を人為影響の少ない、矢出川の本来の水質に近い調査地点とするならば、他の調査地点はいずれも何等かの人為影響を受け、水質に大なり小なりの変化を受けていることが分かる。以下に主要な 6 成分についてそれぞれの考察を行った。

#### ①. $\text{NH}_4\text{-N}$ (図 2)

濃度変動の大きな採水地点は、集落、牧場を抱えた ST 1 (S)、ST 3 (S) である。特に牧場を抱えた ST 3 (S) の値が大きく、 $0.2 \text{ mg/l}$  以上の高い濃度を 3 回も示した。この結果は、牧場からのし尿排水の影響によると考えられる。

これに対して採水地点 ST 3 (H)、ST 4 は 10 月、5 月と言った時期に  $60 \mu\text{g/l}$  程度のピークが表れているが、これは農業における春、秋 2 回の施肥後の時期にあたっている。しかし、これらの採水地点が上流に大規模な牧場を抱えていることもあり、どちらの影響であるかは断定できない。ST 2 では、全体的に ST 2-2 と同じ様な変化を見せているが、1990 年 3 月 2 日に  $28.56 \mu\text{g/l}$  の小ピークを示している。これはゴルフ場も閉鎖されている時期であり、この時期集客の多いスキー場関連施設からの雑排水の影響が考えられる。この問題に関連して桜井<sup>9)</sup> は菅平において 2～3 月上旬に流域に宿泊施設の多い支流で P 濃度が高まり、融雪の進行と共に濃度が急速に低下することを報告している。野辺山でも民宿、みやげ物屋の集中している ST 1 (S) において同時期に際だった  $122.6 \mu\text{g/l}$  というピークがみられた。

一方、森林型調査地点の ST 2-2 では周年、濃度も低くその変動幅も極めて小さく  $8.7 \mu\text{g/l}$  以下で推移している。

#### ②. $\text{NO}_2\text{-N}$

採水地点 ST 3 (H)、ST 4 では、4～5 月にピークを示す  $\text{NH}_4\text{-N}$  と類似した変動パターンを示し、濃度値はそれぞれ  $46.79$ 、 $36.36 \mu\text{g/l}$  である。これに対し ST 2 は、ST 2-2 と殆ど類似した低濃度値 ( $2 \mu\text{g/l}$  以下) で推移しており、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の時とは相違を見せている。

#### ③. $\text{NO}_3\text{-N}$ (図 3)

ST 2、ST 2-2 を除く他の採水地点では、いずれも高い濃度を示した。集落型地点の ST 1 (S) 及び ST 3 (H) と ST 4 の農耕地型地点では、6 月の梅雨時期にかけての上昇傾向と、秋から冬にかけての減少傾向が顕著に見られた。農耕地型地点が  $1.06\sim 7.1 \text{ mg/l}$  の高い濃度で変動しているのに対して、森林主体の地点が  $50\sim 300 \mu\text{g/l}$  程度の濃度で推移し大きな違いを示した。これは他の多肥農地同様、畑地からの  $\text{NO}_3\text{-N}$  の流出を示す結果の一つと考えられる。とりわけ ST 4、ST 3 (H)、ST 1 (H) における 6 月の濃度のピークは春の施肥後、肥料がその後の降雨によって地表流で、ないしは地下浸透、貯留されたものが河川へ流出して行くためと考えられる。しかし、集落型 ST 1

(S)は農地面積、集水域面積が小さいにもかかわらず、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は際だって高く今後の調査でその原因を究明していく必要があろう。

#### ④. T-P（図4）

ST3(S)を除いては春、秋2回濃度のピークを示し、年間大きく濃度が変動する地点が多い。そして、これらの地点の中でもST3(S)は極めて大きな変動( $482.34\sim 24\mu\text{g/l}$ )を示した。この牧場の下流にある調査地点の場合、牛舎からの排水時間の影響もかなり受けていることも考えられ、今後の検討課題の一つと言えよう。

これらのものに加えて注目される採水地点は、ST2のゴルフ場下である。この地点では1989年10月3日、1990年4月24日の2回それぞれ $52.42, 64.3\mu\text{g/l}$ と他の調査地点に比べ、かなり高い濃度を示している。前述の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ と言った成分ではST2-2森林域と類似した変動パターンを示しているが、T-Pに関しては周年、濃度も変動幅もST2-2をかなり上回っている。集水域内に他の土地利用形態が無いこと、そしてスキー場の開業期間ではないことを考えると、ゴルフ場からの農薬、肥料成分、例えば有機燐系農薬の流出が影響していることも考えられる。

#### ⑤. $\text{Cl}^-$ （図5）

人間活動の指標として考えられている成分であるが、集落型ST1(S)において際だって高い濃度を示した( $13.38\sim 20.43\text{mg/l}$ )。同様に人間活動の活発な採水地点であるST3(H)、ST3(S)、ST4ほど高い値を示し、森林域主体のST2、ST2-2では、それよりずっと低い値( $4.88\text{mg/l}$ 以下)で推移している。また、集落、農地、牧場といった人間活動の盛んな採水地点ST1(S)、ST3(H)、ST3(S)、ST4は $\text{NO}_3\text{-N}$ 同様、春～秋にかけての増加、秋～冬にかけての減少傾向が示され、農業活動や観光による集客と言った人間活動の状態を反映した結果が示されている。

#### ⑥. DO

周年ほとんどの採水地点で飽和状態にあると考えられるが、ST3(S)の牧場下の場合は5, 6月 $5.3, 4.8\text{mg/l}$ とかなり低い値を示している。これは牧場からの有機物汚濁による溶存酸素の消費が、起こっているためと考えられる。

次に、各成分間の特徴について述べる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{Cl}^-$ はいずれの調査地点でも濃度の季節変動がよく似た傾向を示す。その変動には降水、地下浸透の影響が大きいと考えられ、地中浸透を経て河川へ流入すると考えられる。これに対し $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-Pは各調査地点で変動傾向が異なり、不規則で変動が激しい、すなわち $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{Cl}^-$ と比べより速く人間活動に対し反応を示していると考えられ、地表面からの流出を主とすると考えられる。またこの中でも牧場、集落型調査地点は他の土地利用状態の地点とは全く異なった大きな濃度変動を示し、これらの調査地点における $\text{NH}_4\text{-N}$ 、T-Pは、より直接的に河川へ流入しているものと推察される。(図2～5, 7参照)

以上の結果により、今回の調査7地点ごとの傾向をまとめてみる。

- ST1(H) 最下流部であり豊富な水量で各種成分が希釈されるため、他の採水地点に比べて濃度変動が少なく、濃度自体も低いと考えられる。

- ST1(S) あらゆる成分で変動幅が大きく、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{Cl}^-$ と言った成分では、極めて

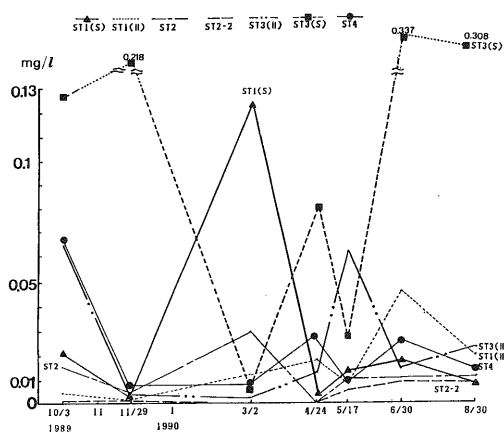
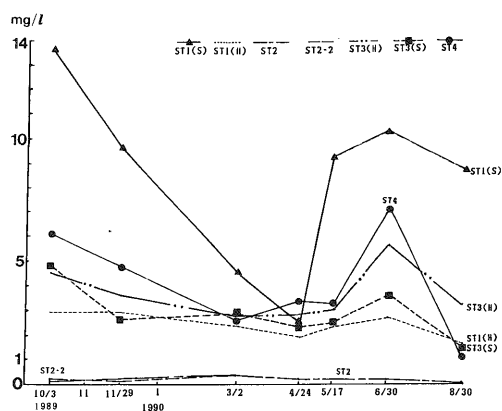
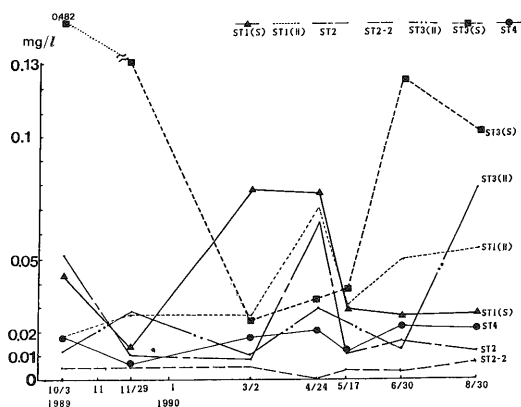
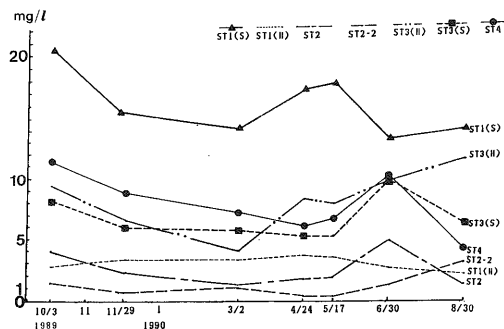

 図 2.  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度変化グラフ

 図 3.  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度変化グラフ


図 4. T-P 濃度変化グラフ


 図 5.  $\text{Cl}^-$  濃度変化グラフ

高い濃度を示した。調査地点中最大の人口集中地区でもあり、他の土地利用状態も少ないことからこの採水地点においては、集落からの雑排水の影響が大きく現れているものと考えられる。

・ST 2 今回の調査地点では最も森林型の採水地点に近い傾向を見せている。しかし、T-P に関しては、他の農耕地型採水地点を凌ぎ集落型 ST 1 (S) に近い傾向を見せている。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$  と  $\text{Cl}^-$  について昭和 61 年の牛場<sup>7)</sup> のデータと比較してみると (図 6)、殆ど変化の無い  $\text{NO}_3\text{-N}$  に比べて、 $\text{Cl}^-$  は大きな変化を示している。これは流域内の土地利用の変化 (森林→ゴルフ場、スキー場) が水質に変化をもたらしたためと考えられる。また、現時点では  $\text{NO}_3\text{-N}$  が水質の指標として大きなウェイトを占めていないことが推察される。

・ST 2-2 7 採水地点中、いずれの成分でも最も低濃度であり、濃度の季節変動も少ない場所



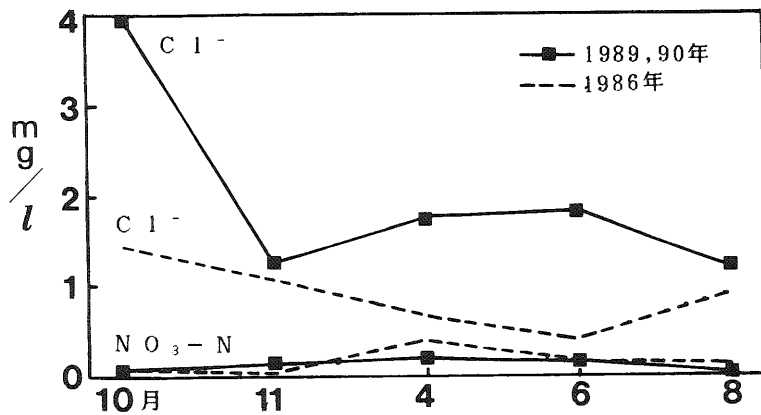
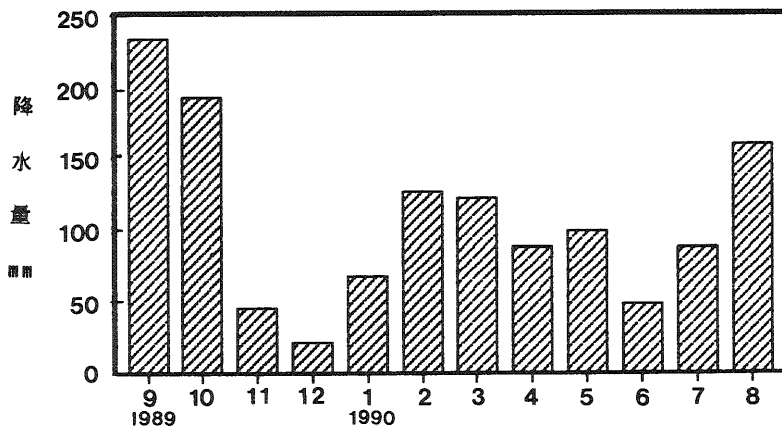


図6. ゴルフ場下における過去データとの比較グラフ



注) 1989, 1990年気象月報より作成

図7. 野辺山月別降水量グラフ

である。人為活動の少ない森林型採水地点として、矢出川の河川水の基本的性質を持っていると考えて良いだろう。

・ST3(H) 元来、スキー場で凍結防止のため大量に散布されるNaClの影響を考えていたのであるが、集水域内に大面積の農耕地を抱えているために、その影響を分離してみることが出来なかった。全体的にはST4、農耕地型の採水地点に近い変動傾向がみられる。

・ST3(S) 溶存酸素量の低さ、NH<sub>4</sub>-N、T-Pと言ったし尿由来と考えられる成分における極めて高い濃度は、牧場からの排水の影響が小規模な牧場であっても大きなものであることを示している。

・ ST 4 いずれの分析濃度も、10月もしくは6月に最大値を示しており、また施肥と関係の深いと考えられている  $\text{NO}_3\text{-N}$  にその傾向は著しく、農耕地からの影響が大きいものと考えられる。

次に集水域における土地利用状況の全く違う矢出川 ST 4 と三沢川 ST 2, ST 2-2 の水質について比較してみる (図 3, 5)。

$\text{NO}_3\text{-N}$  に関しては、濃度、変動幅とも矢出川 ST 4 が三沢川 ST をはるかに上回り、集水域の土地利用と水質の関係に相違があることをはっきり表している。これは人為影響の指標としてみられている  $\text{Cl}^-$  においても同様である。しかしゴルフ場下の ST 2 は 1990 年 8 月 30 日を除いて森林型調査地点の ST 2-2 よりも高い濃度で推移している。変動パターンも ST 4 に類似しており、ST 2 が人間活動による影響を受けていることが分かる。

### 3-2. 水生昆虫による水質調査結果と考察

採集地点 ST 1 (H), ST 2, ST 2-2 の bi 値<sup>8)</sup>が高い(図 8)。しかし、bi 値 14, 8, 9 という値は、一般的な河川上流部としては決して高くない。

以下調査結果より各調査地点の汚濁階級を示す。

ST 1 (H),  $\beta$  中腐水性域 ST 1 (S), 強腐水性域 ST 2,  $\alpha$  中腐水性域 ST 2-2, 貧腐水性域  
ST 3 (H),  $\alpha$  中腐水性域 ST 3 (S), 強腐水性域 ST 4,  $\alpha$  中腐水性域

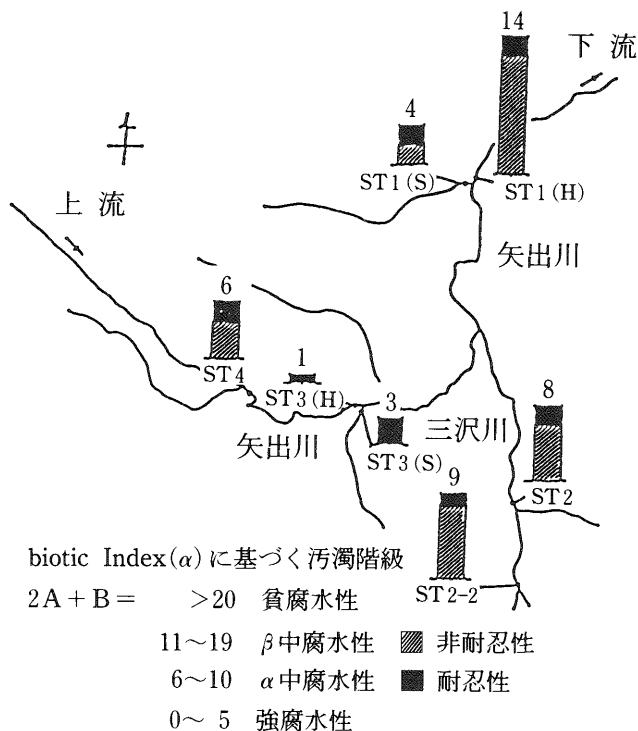


図 8. 水生昆虫 bi 値比較グラフ

最も汚濁が進んでいると考えられる地点はST3(S)である。この地点では耐忍性種のみが採集され、しかもユスリカ域～イトミズ域への遷移がみられる。更にST1(S)も耐忍性種の代表種であるユスリカ類の採集固体数が、非常に多く強腐水性域と考えられる。ST2とST2-2は似たような数値であるが、その内容には相違がある。ST2の場合はユスリカ類、ミズムシと言った代表的耐忍性種が採集されており、 $\beta$ 中腐水性域～ $\alpha$ 中腐水性域の間の微妙な状態にあるが、bi値から $\alpha$ 中腐水性域と考える。これに対してST2-2は代表的な非耐忍性種であるカワゲラ類も採集されており、また平常時は水量も少ない、という水生昆虫の生息に不利な点もあり貧腐水性域と考えられる。

採集地点ST3(H)、ST4はbi値から $\alpha$ 中腐水性域～強腐水性域と考えられる。しかし、これは水質の影響以外に、その他の環境的制約も大きいものと考えられる。今回のこの二つの採集地点間は夏期には極めて水量が減少し、時には伏流してしまう事があるなど、生物にとっては安定した環境ではない。それに加え河床への砂の堆積も多く、永年続いてきた河川周辺の開発の影響が、河床の形態をも変えてしまったと考えられる。礫が多い三沢川に比べ、三沢川合流部より上流部の矢出川の河床には極めて砂の堆積が多く、貧腐水性域の水生昆虫が生息できたとしても、その種は極めて限られたものになると考えられる。この問題に関しては、渡辺が埼玉県越辺川水系を調査した報告<sup>10)</sup>でも、流量の減少に伴い礫の隙間が、泥や砂で埋まることによって、水生昆虫そして魚類が減少していく事を指摘している。

今回の調査結果より明らかなことは、矢出川における水生昆虫の生息数、種類数は共に他の河川の上流部に比べてかなり貧弱な事である。また矢出川の場合、全域にわたって日本の河川の安定度を示すトビケラ類の出現数がきわめて少ない。加えて清冽な河川の代表種であるカワゲラの出現数も少ない事からも、矢出川の水質・河床の状態等の水環境は決して良くはないと考えられる。

### 3-3. 負荷量調査結果と考察

流量について表6、負荷量については表7、図9、10に示す。今回の発生汚濁負荷量の算定には参考文献<sup>11, 12)</sup>中の原単位を使用した。

まず注目されることは、発生汚濁負荷量と流出負荷量との間に大きな相違があることである。これは今回の調査のみでは降雨時の負荷量が読み込めなかったことや、矢出川上流部では河川水が伏流して渇水状態になり易く流量が安定しない、という特質のためと考えられる。流量データには、三沢川に比べ矢出川上流部の夏期における著しい渇水傾向が示された。これは地域内の開発が進ん

表6. 矢出川流量測定結果表

	ST1(H)	ST1(S)	ST2	ST2-2	ST3(H)	ST3(S)	ST4
1990.5/17	0.9199	0.0181	0.2174	0.0102	0.0616	0.0291	0.1251
8/30	0.3568	0.0129	0.0547	0.0070	0.0001	0.0008	0.0013

単位 =  $\text{m}^3/\text{S}$

表7. 発生汚濁負荷量及び流出負荷量  
T-P

	ST 1 (H)	ST 1 (S)	ST 2	ST 2-2	ST 3 (H)	ST 3 (S)	ST 4
発生汚濁負荷量, g/日	5,130	162	166	34	3,941	371	3,871
流出負荷量, g/日・5月	2,488	47	187	9	117	96	119
8月	1,603	29	51	7	1	7	12
流出/発生, 5月	0.48	0.29	1.13	0.26	0.03	0.26	0.03
8月	0.31	0.18	0.31	0.21	0.00	0.02	0.00
面積 (ha)	1,848.8	108.9	442.5	181.4	612.9	67.1	321.6
比負荷量, g/ha・日・5月	1.346	0.432	0.423	0.050	0.191	1.431	0.370
比負荷量, g/ha・日・8月	0.867	0.266	0.115	0.039	0.002	0.104	0.037

## COD

	ST 1 (H)	ST 1 (S)	ST 2	ST 2-2	ST 3 (H)	ST 3 (S)	ST 4
発生汚濁負荷量, g/日	41,826	3,888	10,494	2,158	12,572	2,256	8,224
流出負荷量, g/日・8月	22,680	1,459	3,313	398	68	175	4,959
流出/発生, 8月	0.54	0.38	0.32	0.18	0.01	0.08	0.60
面積 (ha)	1,848.8	108.9	442.5	181.4	612.9	67.1	321.6
比負荷量, g/ha・日・8月	12.27	13.40	7.49	2.19	0.11	2.61	15.42

だ地域と、森林の多く残されている地域の相違が、はっきり現れたものと推察される。

流出負荷量(表7)について比較してみる。T-PにおいてはST2の5月の187g/日と言う値が極めて高い。集水域のクロスしているST2-2森林域の値が9g/日と1/20以下であることから考えるとゴルフ場排水におけるT-P成分の大きさが、かなりのものであることが分かる。この傾向は5月も8月も同様であり、発生汚濁負荷量に対する流出負荷量の比率も5月1.13、8月0.30と他の調査地点に比べてかなり高い。

Pは野辺山原のような火山性土壌では土壌に吸着され流出しにくいものであるが、ST2におけるこのデータは、調査地点中ではかなり高い値でありゴルフ場、スキー場といった人工的なリゾート施設によって、Pの流出が土地利用の異なる他の地点に比べ大きくなっていることを表している。

次に比負荷量計算結果より考察を行ってみた(図9、図10)。T-Pの場合は5月のST3(S)、ST2の比負荷量が大い(1.431g/ha・日、0.423g/ha・日)。ST3(S)は他の農耕地・集落をふくんだ調査地点よりもかなり高い負荷量であり、牧場からの影響の大きさを示している。そしてゴルフ場下のST2を森林域のST2-2と比較してみると0.05g/ha・日→0.423g/ha・日とかなり増加をしていることが分かる。ST2においてはゴルフ場の他に排出源が考えられない以上、ゴルフ場の影響が現れていると考える。

CODは8月調査結果のみであるが、ST1(S)、ST4の比負荷量が大い(13.4g/ha・日、15.42

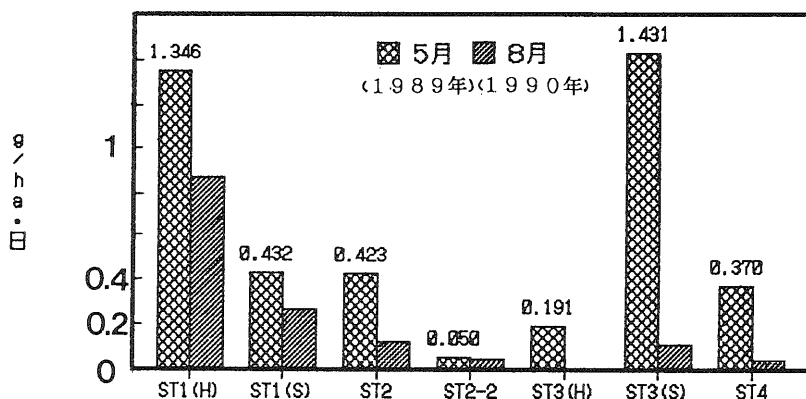


図9. 調査地点別T-P比負荷量  
(1990年5月17日, 8月30日調査)

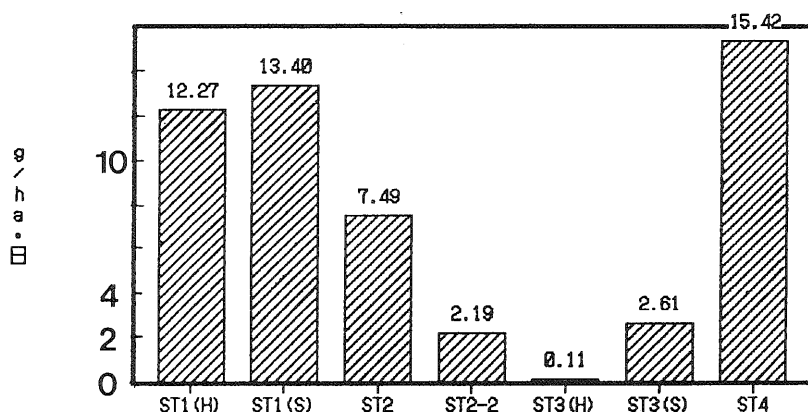


図10. 調査地点別COD比負荷量  
(1990年8月30日調査)

g/ha・日)。ST1(S)は水質分析結果でもあらゆる成分で高濃度を記録しているが、流入して来る雑排水中の有機物質の影響が大きいと思われる。ST4の場合は、8月の渇水期で水量も少なく、上流に位置する八ヶ岳牧場からの畜産排水の影響をかなり受けたものと思われる。また、集水域内で行われているゴルフ場造成工事の影響も考えられる。この問題については仁木・原嶋<sup>13)</sup>の調査でもゴルフ場造成工事中では、開発前の水質と比較すると負荷量でBOD 20倍、COD 5倍、T-P 10倍、T-N 10倍にもなり、水質濃度ではCODのピーク時で約12mg/lという高い濃度になることが報告されている。

ゴルフ場下のST2においてはT-P同様、森林域のST2-2の3倍以上の9.8g/ha・日と言う結果が出ており、ゴルフ場施設内からの排水の影響が考えられる。

## 4. 土地利用と水環境

野辺山における土地利用形態として水環境に関わって来るものとして次のものがあげられる。

- ①. 主要産業である高原野菜栽培
- ②. 乳牛を主とする放畜業
- ③. リゾート施設
- ④. 集落（雑排水）

これらのものに対し比較的人為の加わっていない森林域（ST 2-2）の値を比較対照して考えることが出来る。以下に各調査地点ごとに水環境との関わりについてまとめてみる。

### ①. 農地型調査地点－ST 3 (H), ST 4

水質は、桜井の菅平高原における報告<sup>9)</sup>同様、野辺山の場合も N 成分とりわけ  $\text{NO}_3\text{-N}$  の濃度が高い。しかも菅平高原に比べかなり高い値で推移している（菅平約 1～3 mg/l、野辺山約 1～7 mg/l）。これは、野辺山の農耕地面積が倍以上も広大であること、そして大規模な牧場の影響も多少なり受けているためと考えられる。加えて野辺山の場合、6 月における施肥時期後のピークが明瞭に現れている。これは春の施肥後、降雨によって土壤中へ浸透、河川へ流出していくことが主因と考えられる。また桜井<sup>9)</sup>は融雪期においても TIN が際だったピークを示すことも報告しており、この問題に関しては、野辺山においても、より詳細な調査が必要となろう。次に野辺山のような火山灰性の土壌では流出しにくい T-P と溶出しやすい  $\text{NO}_3\text{-N}$  を比較してみる。6 月、10 月に高い濃度を示した  $\text{NO}_3\text{-N}$  に対し T-P は季節変動も少ない。8 月に ST 3 (H) で高い値を記録しただけである。また  $\text{NO}_3\text{-N}$  の場合、濃度も 1 mg/l 以上と高いのに対し、T-P は 0.08 mg/l 以下と大きく異なっている。これは  $\text{NO}_3\text{-N}$  と T-P の河川への流出の仕方の違いが現れたものと考えられる。その他の無機態窒素成分  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$  においても他の調査地点に比べて高い結果が現れており、TIN 成分については農地からの流出と考えられる。水生昆虫調査においてもトビケラ、カワゲラと言った貧腐水性域の水生昆虫はまったく採集されず、耐忍性種のユスリカ類の出現がみられる。これは水質のみでなく、前述のように河川周辺にまで及んだ永年の開発行為が、河床への土砂の堆積を進めてきた結果と考えられる。

### ②. 集落型調査地点－ST 1 (S)

野辺山駅周辺に広がる集落の規模は、数百人単位の小さなものである。し尿はくみ取り処理されているものの、野辺山原は住居が散居状に存在しており、下水道整備のしにくい状態にある。このため旅館、新築家屋の一部を除いて浄化槽の無い一般家庭の雑排水は、排水路網を伝わって河川へと流入している。この影響は調査の結果にもはっきり現れ、いずれの水質項目においても際だって高い濃度を示した。中でも人為影響をよく示す  $\text{Cl}^-$  においては全調査地点中、際だって高い濃度を検出している。また T-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$  など生活雑排水由来と考えられる成分でも他の調査地点よりも濃度の高い顕著な結果が示された。負荷量も T-P、COD 共にかなり高い値を出している。

水生昆虫相も極めて貧弱で非耐忍性種はプラナリアしか採集されず、汚水性のユスリカ類の多さ

が、他の調査地点に比べて注目された。人間の生活系そのものからの排水が、都市域に限らず野辺山のような地方の一地域でも、かなりの影響を持っていることが示された。

### ③. リゾート施設（＋森林域）型調査地点－ST2

水質成分の中で注目されるのはT-Pである。濃度の高さ、変動の傾向が他の成分と大きく異なり、負荷量調査結果においてもT-Pの実測負荷量はST1(H)を除く他の採水地点で最も大きい。また比負荷量(g/ha・日)においても0.55 g/ha・日、0.151 g/ha・日と農地、集落型の調査地点以上かそれに次ぐ大きな値を示した。周辺の土地利用状態からも、T-Pがゴルフ場から水環境への影響を表す指標の一つと考えられる。その他の水質成分としてはCODが注目される。これは1990年8月の調査結果のみであるが、その値は0.71 mg/lとかなり低いものの、流出負荷量は1,459 g/日、比負荷量は11.9 g/ha・日と集落型ST1(S)に匹敵するものである。水生昆虫の調査においても採集昆虫数は多いものの、ユスリカ類、ミズムシと言った代表的耐忍性種が出現し始めており、水環境の汚濁的な変化が見られた。

### ④. 森林型調査地点－ST2-2

水質、負荷量共に全調査地点中、全ての分析項目で最も低く安定した傾向を示した。矢出川における元来の水質を示していると考えられる。

### ⑤. 牧場型調査地点－ST3(S)

飼育頭数では、ST4上流、八ヶ岳牧場の1/10程度の小規模な牧場であるが、T-P、NH<sub>4</sub>-Nで極めて高い濃度を示した。また周年を通じて濃度変動の傾向が、他の調査地点とは大きく異なり、河川への流出もより直接的なものと考えられる。負荷量は初夏5月の単位面積当り負荷量が、極めて高い値を出している。CODの比負荷量に関しては、それほど大きなものではなかった。しかし牛舎排水のされる時間におけるデータをとる事が出来れば、この値はかなり大きくなるものと思われる。

これら牧場型調査地点の特徴としてはNH<sub>4</sub>-N、T-P、COD等の、し尿由来と考えられる成分による水環境への影響が大きなものと考えられる。これらの影響をダイレクトに受ける水生昆虫相も、今回の調査地点の中では最も汚濁傾向がはっきり現れておりユスリカ類→イトミミズ域へと、より強腐水性域としての傾向を強めつつある。非耐忍性種が全然採集されなかったのも、この調査地点のみであり、水生昆虫調査結果も他の調査地点に比べ水質汚濁の強さをよく表している。

## 5. おわりに

今回の調査では、農地・牧場等の土地利用形態と、水環境の間に、密接な関係のあることを見いだすことが出来た。今後は、この傾向を更に明らかにするために、より密な水質、負荷量調査を行っていく予定である。また水質が一日のうち時間単位で変化していくような牧場、集落、リゾート施設については、経時変動も調べて行くつもりである。

## 謝 辞

本研究を進めるに当たり、農林技術センターの大坪輝夫農林工学系講師、ハヶ岳演習林事務所の黒田吉雄農林学系助手には様々な援助を頂きました。心から感謝致します。

## 引 用 文 献

- 1) 桜井善雄：農地排水による河川及び地下水の汚染．農業土木学会誌第43巻第8号：14-20, 1975
- 2) 田瀬則雄：農業による地下水汚染．水第31巻第10号：25-26, 1989
- 3) 安原正也・田中 正・海上道雄・黒田吉雄・大坪輝夫・丸井敦尚・杉田倫明・市川 当・石井秀樹：野辺山原南部の水文環境（2）．筑波大演習林報告第2号：45-46, 1986
- 4) 安原正也・田中 正・海上道雄・黒田吉雄・大坪輝夫・丸井敦尚・杉田倫明・市川 当・石井秀樹：野辺山原南部の水文環境（1）．筑波大演習林報告第2号：38 pp, 1986
- 5) 松本成夫：農山村における環境保全のための森林利用について．筑波大環境科学研究科修士論文, 17-18, 1986
- 6) 野辺山開拓農業協同組合：平成2年度資料．1990
- 7) 牛場雅美：ハヶ岳演習林における渓流水質からみた森林の公益的機能．昭和61年度筑波大農林学類卒業研究報告, 1986
- 8) 津田松苗・森下郁子：生物による水質調査法．山海堂．
- 9) 桜井善雄・中本信忠：融雪期における菅平高原からのN及びPの流出量とその流出特性について．水温の研究第26巻第3号：14-16, 1982
- 10) 渡辺昌和：環境変化と淡水魚の状態．自然保護No345：18-19, 1991
- 11) 市川 新：都市河川の環境科学．140 pp, 149 pp, 培風館．
- 12) 国松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析．23 pp, 技報堂出版．
- 13) 仁木義郎・原嶋亮二：ゴルフ場開発と水質汚濁問題．水質汚濁研究Vol.12 No.8：19-20, 1989

## Summary

This paper reports the relation between landuse and water environment in Nobeyama district, Nagano prefecture, Japan. Extensive field and laboratory investigations were performed at 7 stations, differing from one another in terms of landuse, there by to study the water quality, aquatic insect and load amounts. The results obtained are summarized as follows:

- (1) Studies reveal more remarkable flow of  $\text{NO}_3\text{-N}$  from farmland region than in 1986.



- (2) The water environment of forest region is polluted by resort construction.
- (3) Stock farms even if small scale produce great pollution load.
- (4) Nontreated waste water flowing out of the village produces great pollution load.
- (5) Aquatic insect investigation clearly suggests that influence due to development is remarkable.

These suggest that we should pay attention to water pollution caused not only by farmland, stock farm, village but by resorts development.