

濁水の評価に関する研究 — S S、濁度、透視度の関係について —

花城可英 ・ 大見謝辰男 ・ 比嘉栄三郎 ・ 満本裕彰
普天間朝好 ・ 古堅勝也 ・ 下地幸枝 ・ 田代 豊

Study of Muddy Water Resulting from Soil Run Off

Kaei HANASHIRO, Tatsuo OMIJA, Eisaburo HIGA, Hiroaki MITSUMOTO
Tomoyoshi FUTENMA, Katsuya FURUGEN, Yukie SHIMOJI and Yutaka TASHIRO

Abstract. Muddy water which result from Soil run off in Okinawa, have been measured suspended Solids, turbidity and trans parency.

Negative correlations are observed in the following pair of sets,

logarithm of reciprocal trans parency — logarithm of suspended solids

logarithm of reciprocal trans parency — logarithm of turbidity

logarithm of suspended solids — logarithm of turbidity

key words : 赤土汚染, S S, 濁度, 透視度

I はじめに

沖縄地方は亜熱帯に属し、「赤土汚染」という視点から気象条件をみると、平均年降雨量は約2,300mmであり、比較的降雨量が多い。さらに侵食性の指標とされる降雨侵食指数が高い。同じ視点から土壌をみると、造成地における国頭マージ、島尻マージ、ジャーガルの代表的土壌はともに粘土比、分散率、侵食率が高く、受食性が高い(翁長ら, 1994)。

このため開発事業などにより森林等を切り開き、表土を削り取ると、降雨と共に土砂が流出し、高濃度の濁水となって河川、海を汚染することが予想される。

濁水の濁りを評価する指標として一般的にS S(浮遊物質)、濁度、透視度が用いられている。今回、各種開発現場等から排出される濁水についてS S、濁度、透視度を測定し、これら各測定項目相互の関係を調べた。なお排出水は1993年7月から1994年6月の間、沖縄島、石垣島において降雨時に開発現場等からサンプリングした。また粒度分布の違いによる各測定項目の関係をみるため、沈砂池から採取した土砂の沈降試験から得られた検体について測定を行った。これら検体についてS S、濁度、透視度を測定し、いくつかの知見を得たので報告する。

II 測定方法

S SはJIS K 0102に準じて測定した。なおろ過材はアドバンテック東洋社製ガラス繊維ろ紙GS25(保留粒子径 $0.6\mu\text{m}$)を用いた。濁度は東京電色社製積分球光電散乱光度計MODEL T-2600Dを使用し、精製カオリ

ンを標準として測定した。測定範囲外の高濃度の検体は希釈して測定した。また一部の検体についてはS S測定後のろ液についても濁度を測定した。透視度は窓際の直接日光の当たらない明るい場所で測定した。なお透視度はS S、濁度との関係を求める都合上cmで表した。

III 結果及び考察

1. 排出水のS S、濁度、透視度の関係

国頭マージ地域の開発現場等からの排出水は赤黄色、ジャーガル地域のそれは灰色と違いが見られるが、S S、濁度、透視度の逆数の各測定値相互の関係はほぼ同じ傾向を示しているため、統一して検討した。

図1に排出水の透視度の逆数とS Sの関係、図2に透視度の逆数と濁度の関係、図3に濁度とS Sの関係を示す。なお透視度1.5cm以下のデータは誤差が大きいため除いた。また、これら測定値は末尾表に示す。

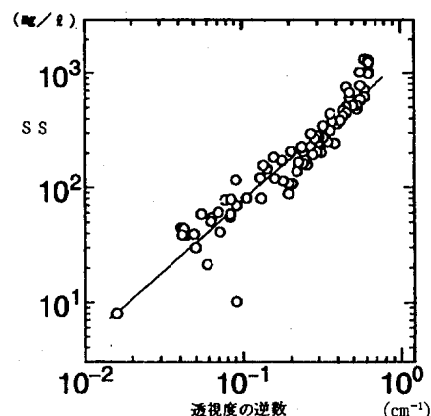


図1 排出水の透視度の逆数とSSの関係

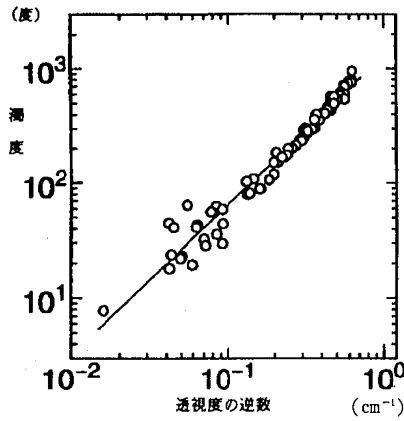


図2 排出水の透視度の逆数と濁度の関係

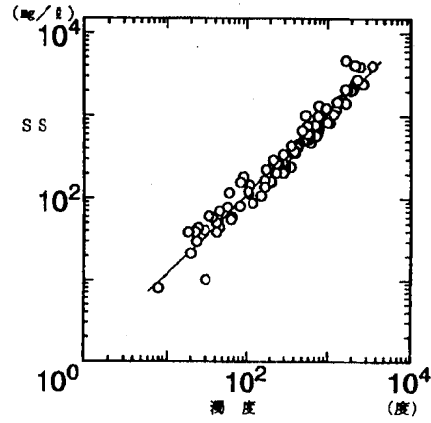


図3 排出水の濁度とSSの関係

図1～図3に示すようにSS, 濁度, 透視度の逆数それぞれの対数值間には相関関係が認められる。

透視度の逆数とSSの回帰式を求めると

$$\text{Log}(SS) = 1.2131\text{Log}(\text{透視度の逆数}) + 3.0979$$

$$(R^2 = 0.879)$$

となり, 透視度の逆数と濁度の回帰式を求めると

$$\text{Log}(\text{濁度}) = 1.3116\text{Log}(\text{透視度の逆数}) + 3.1198$$

$$(R^2 = 0.959)$$

となり, 濁度とSSの回帰式を求めると

$$\text{Log}(SS) = 1.0454\text{Log}(\text{濁度}) - 0.0690$$

$$(R^2 = 0.952)$$

となった。各関係式とも標準偏差の2乗値が高く, 強い相関関係が認められる。このため上記の回帰式より各測定値の推定が可能である。例えば, 表1に示すように測定範囲は限られるが現場で簡単に測定できる透視度よりSS, 濁度を推定することができる。

表1. 透視度によるSS、濁度の換算

透視度 (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10	20	30
SS (mg/l)	766	540	412	330	274	233	200	178	143	118	101	87	77	33	20
濁度 (度)	774	531	396	312	255	214	183	160	126	103	86	74	64	26	15

SSは水に溶けず浮遊している物質の重量であり, 比重が同じであれば, 土砂の粒径の3乗と粒子数に比例すると考えられる。これに対し透視度と濁度は光の透過, 散乱により相対的に水の濁りを評価するものであり, 粒子が光の波長より大きい場合, 土砂粒子の断面積の和, つまり土砂粒子の粒径の2乗と粒子数に比例すると考えられる。このため同じSS濃度でも検体中の土砂粒子の粒径が小さいと濁度, 透視度の逆数は大きくなると考えられる。検体の粒度分布がすべて同じとは考えられず, 粒径の影響を受け, 透視度の逆数とSSの相関が若干低くなっていると考えられる。これに対し, 透視度と濁度の関係は粒径の影響が相殺され, 透視度とSSの関係より相関が高いと考えられる。

2. 沈降試験における濁度とSSの関係

図4に名護市嵐山土地改良事業沈砂池から採取した土砂の沈降試験 (満本ら, 1994) から得られた検体の濁度とSSの関係を示す。

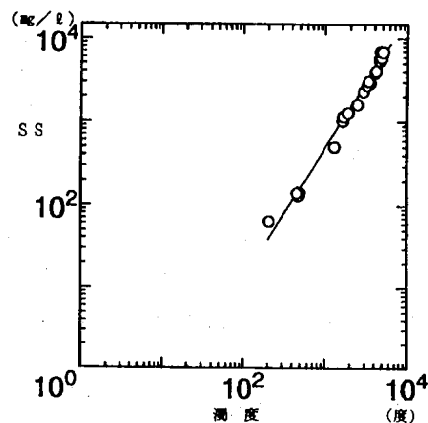


図4 沈降試験検体の濁度とSSの関係

沈降試験の検体の濁度とSSの回帰式を求めると

$$\text{Log}(SS) = 1.5823\text{Log}(\text{濁度}) - 2.0533 (R^2 = 0.987)$$

となり, 排出水の濁度とSSの回帰式よりY切片は小さく, X係数は大きくなっている。

排出水の場合, 濁度とSSはほぼ近い値を示すが, 沈降試験の検体の場合, 図4に示すように濁度が低くなるとSSはより低い値を示している。

粒子の沈降速度は粒径の2乗に比例するため、粒径の大きな土砂粒子が早く沈み、時間の経過にともない検体中の土砂粒子の粒度分布が小さくなっていると考えられる。先に述べたように、SSは土砂粒子の重量(粒径の3乗)に比例し、濁度は光の波長より粒子の方が大きい場合、土砂粒子の断面積(粒径の2乗)に比例する。このため、粒径が小さい方へ移行すると濁度よりSSの減少量の方が大きくなると考えられる。

同様の理由によりSS/濁度は時間と共に小さくなっており、検体中の粒度分布が小さいとSS/濁度は小さくなると考えられる。しかしながら粒度分布を測定していないため、粒径の変化によるSS、濁度、透視度の変化量の違いについては検討できず今後の課題である。

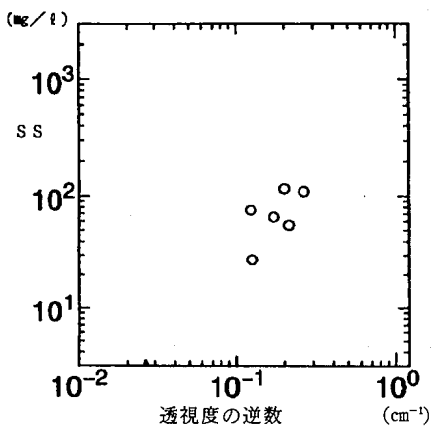


図5 上澄み液の透視度の逆数とSSの関係

図5に示したように透視度の逆数とSSの相関は見られない。これに対し図6に示すように透視度の逆数と濁度は高い相関関係が認められる。上澄み液の透視度の逆数と濁度の回帰式を求めると

$$\text{Log(濁度)} = 1.2727\text{Log(透視度の逆数)} + 3.1176$$

$$(R^2 = 0.980)$$

と排水のそれとほぼ同じになっている。

上澄み液は比較的大きな粒子が沈降し、微粒子がほとんどである。濁度と透視度は光学的に相対値を測るため粒径の影響が相殺され、排水と同様、相関が高いと考えられる。これに対し、粒径の影響を受け透視度の逆数とSSの相関がみられなくなっていると考えられる。

このことから微粒子の割合が高い排水、例えば沈砂池の上澄み排水等は、透視度とSSの相関が低くなるのが予想され、透視度からSSを推定するとき注意が必要である。

4. ろ過後濁度について

SS測定後のろ液が濁る場合があったので一部のサンプルについてろ液の濁度(以下ろ過後濁度とする)を測

排水のSS/濁度は0.34~2.78であった。このうち沈砂池、土砂溜マスの排水、ろ液のSS/濁度は比較的高濃度の排水でもほとんどが1以下を示し、沈降試験検体のSS、濁度の測定結果から、粒径の大きい土砂粒子は沈砂池内に沈降していると考えられる。これに対し法面直下など高濃度濁水のSS/濁度は大きな値を示し、比較的大きな粒径の土砂粒子が多く流出していると考えられる。

3. 上澄み液の透視度とSS、濁度の関係

図5、図6に沈降試験に用いた土砂3種類の透視度5cm前後の上澄み液の透視度の逆数とSS、透視度の逆数と濁度の関係を示す。

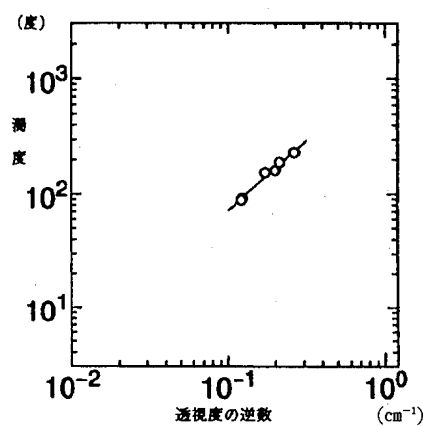


図6 上澄み液の透視度の逆数と濁度の関係

定し、ろ紙を通過した土砂微粒子がSS濃度にどの程度影響を与えているのか検討した。

ろ液はろ材として用いたGS25の保留粒子径0.6μm以下の土砂微粒子を含んでいると考えられる。この非常に小さい微粒子を含むろ液のSSを推定するため、土砂粒子の沈降にともない検体中の粒度分布が小さくなる沈降試験の検体の濁度とSSの回帰式を用いてみた。

$\text{Log(SS)} = 1.5823\text{Log(濁度)} - 2.0533 (R^2 = 0.987)$ より、ろ過後濁度からSSを推定し、SSに対するろ過後SSの割合(以下SS透過率)を求めたところ、表2に示すように0%~1.4%であった。沈降試験の検体のうちSS/濁度が低いものは微粒子の割合が高いと考えられ、若干土砂微粒子がろ紙を透過していることも考えられる。このため、SS/濁度が1以下の検体は上記の最大SS透過率と同程度微粒子が透過していると仮定し、計算上検体中の土砂微粒子の2%がろ紙を透過しているとして、SS濃度を補正した。そして検体の濁度と補正SSの関係を求め、

$\text{Log(SS)} = 1.4635\text{Log(濁度)} - 1.7042 (R^2 = 0.993)$ を得た。この回帰式を用い、ろ過後濁度からろ過後SS

濃度を求めたところ、表2に示すようにSS透過率は0%~2.0%であった。

表2. ろ過後濁度からろ過後SSの推定

No.	濁度	SS	ろ過後濁度	濁度透過率	SS 2%透過補正		補正なし	
					SS	透過率	SS	透過率
1	6,160	9,520	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1,680	4,670	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	665	690	32	5	3.1	0.5	2.1	0.3
4	544	1,020	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	438	452	16	4	1.1	0.3	0.7	0.2
6	355	350	21	6	1.7	0.5	1.1	0.3
7	287	205	38	13	4.1	2.0	2.8	1.4
8	226	180	22	10	1.8	1.0	1.1	0.6
9	109	146	24	22	2.0	1.4	1.3	0.9
10	103	120	4	4	0.1	0.1	0.1	0.1
11	64	59	9	14	0.5	0.9	0.3	0.5
12	62	56	4	7	0.2	0.3	0.1	0.2
13	56	78	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
14	43	55	7	16	0.3	0.6	0.2	0.3
					最小	0.0	最小	0.0
					最大	2.0	最大	1.4

以上のことからろ液が濁っている場合でも、SS透過率は最大2%程度であり、ろ紙を透過する土砂粒子のSSに対する影響は小さいと考えられる。

ろ過後濁度の濁度に対する比率(ろ過後濁度/濁度×100)は0.2%~22%であったので、SSの透過率はろ過後濁度の1/10程度であると考えられる。

IV まとめ

1. 排出水のSS, 濁度, 透視度の逆数, それぞれの対数値間には高い相関関係が認められる。これにより例えば現場ですぐ測定できる透視度よりSS, 濁度を推定することが可能である。
2. 沈降試験の検体は、時間とともに濁度, SSが減少するが、粒径の影響を受け、SSの減少量の方が大きい。また粒度分布が小さくなると、SS/濁度が小さくなる。
3. 上澄み液は微粒子が多いため透視度の逆数とSSの相関があまり見られなくなる。このため粒径の小さい土

砂粒子を多く含むことが予想される沈砂池排水などは、透視度からSSを推定する場合注意が必要である。

4. SS測定時、ろ液が濁っている場合でも、SS透過率は最大2%程度と考えられ、ろ紙を透過する土砂粒子のSSに対する影響は小さいと考えられる。

今後検体の粒度分布を測定し、粒度分布が各測定値に与える影響について検討していく必要がある。

参考文献

- 溝本裕彰・大見謝辰男・比嘉栄三郎・花城可英・田代豊・下地幸枝 (1994) 土壤微粒子の沈降時間について。沖縄県衛生環境研究所報, (第28号に投稿中)
- 翁長謙良・吉永安俊・渡嘉敷義浩(1994)国頭マージ地帯の土壤侵食と防災。農業土木学会誌, 62(4): 307-314

表3. 濁水のSS, 濁度, 透視度

No.	市町村	区分	SS (mg/ℓ)	濁度 (度)	透視度 (cm)	土壌名	No.	市町村	区分	SS (mg/ℓ)	濁度 (度)	透視度 (cm)	土壌名
1	南風原町	公園A	139	168	4.5	ジャーガル	59	宜野座村	土地改良E	80.5	80.4	7.5	国頭マーヅ
2	南風原町	公園B	1425	1670	<1.5	ジャーガル	60	宜野座村	土地改良E	146	109	6.9	国頭マーヅ
3	南風原町	公園A	2040	1940	<1.5	ジャーガル	61	宜野座村	土地改良E	1020	544	1.8	国頭マーヅ
4	南風原町	公園A	2100	1740	<1.5	ジャーガル	62	宜野座村	土地改良E	1330	772	1.7	国頭マーヅ
5	南風原町	公園B	2440	2680	<1.5	ジャーガル	63	宜野座村	土地改良E	4670	1680	<1.5	国頭マーヅ
6	南風原町	公園B	2480	2140	<1.5	ジャーガル	64	宜野座村	土地改良E	9520	6160	<1.5	国頭マーヅ
7	南風原町	公園B	3300	3320	<1.5	ジャーガル	65	東村	土地改良F	174	—	5.6	国頭マーヅ
8	南風原町	公園B	4060	3550	<1.5	ジャーガル	66	東村	土地改良F	209	—	4.1	国頭マーヅ
9	南風原町	公園A	6960	4810	<1.5	ジャーガル	67	東村	土地改良F	223	—	4.2	国頭マーヅ
10	南風原町	公園A	16500	12000	<1.5	ジャーガル	68	東村	土地改良F	1310	—	1.6	国頭マーヅ
11	南風原町	公園A	19530	20100	<1.5	ジャーガル	69	名護市	土地改良G	6.4	12.5	>30	国頭マーヅ
12	恩納村	土地改良A	10.2	29.8	11.0	国頭マーヅ	70	名護市	土地改良G	109	151	5.1	国頭マーヅ
13	恩納村	土地改良A	15.4	21.3	>30	国頭マーヅ	71	石垣市	土地改良H	353	628	—	国頭マーヅ
14	恩納村	土地改良D	18	25.7	—	国頭マーヅ	72	石垣市	土地改良H	600	915	—	国頭マーヅ
15	恩納村	土地改良A	21.6	19.4	17.0	国頭マーヅ	73	石垣市	土地改良H	783	1325	—	国頭マーヅ
16	恩納村	土地改良A	39.3	21.9	20.4	国頭マーヅ	74	糸満市	土地改良I	5364	5100	<1.5	ジャーガル
17	恩納村	土地改良A	41.2	28.6	14.0	国頭マーヅ	75	大里村	土地改良J	227	176	4.2	ジャーガル
18	恩納村	土地改良A	44	23.7	23.5	国頭マーヅ	76	大里村	土地改良J	378	398	2.7	ジャーガル
19	恩納村	土地改良A	59	35.9	11.9	国頭マーヅ	77	大里村	土地改良J	3960	2480	<1.5	ジャーガル
20	恩納村	土地改良A	61	32.4	14.3	国頭マーヅ	78	大里村	土地改良J	4102	2160	<1.5	ジャーガル
21	恩納村	土地改良B	88	119	5.1	国頭マーヅ	79	大里村	土地改良J	15678	10800	<1.5	ジャーガル
22	恩納村	土地改良C	114	107	5.5	国頭マーヅ	80	大里村	土地改良J	34666	20100	<1.5	ジャーガル
23	恩納村	土地改良A	120	—	6.2	国頭マーヅ	81	豊見城村	土地改良K	39	18.0	24.1	ジャーガル
24	恩納村	土地改良B	159	203	3.9	国頭マーヅ	82	豊見城村	土地改良L	209	184	4.9	ジャーガル
25	恩納村	土地改良C	168	168	4.4	国頭マーヅ	83	豊見城村	土地改良M	440	360	2.8	ジャーガル
26	恩納村	土地改良A	196	—	3.6	国頭マーヅ	84	豊見城村	土地改良K	610	568	2.1	ジャーガル
27	恩納村	土地改良B	244	358	2.6	国頭マーヅ	85	豊見城村	土地改良M	1244	951	1.6	ジャーガル
28	恩納村	土地改良B	252	297	2.9	国頭マーヅ	86	豊見城村	土地改良L	1470	1320	<1.5	ジャーガル
29	恩納村	土地改良A	268	237	3.5	国頭マーヅ	87	豊見城村	土地改良M	2110	1650	<1.5	ジャーガル
30	恩納村	土地改良C	275	280	3.1	国頭マーヅ	88	豊見城村	土地改良K	2180	2040	<1.5	ジャーガル
31	恩納村	土地改良B	278	254	3.3	国頭マーヅ	89	豊見城村	土地改良L	3850	3880	<1.5	ジャーガル
32	恩納村	土地改良A	284	245	3.4	国頭マーヅ	90	豊見城村	土地改良K	4864	4120	<1.5	ジャーガル
33	恩納村	土地改良B	295	368	—	国頭マーヅ	91	豊見城村	土地改良K	8887	7890	<1.5	ジャーガル
34	恩納村	土地改良C	296	214	3.7	国頭マーヅ	92	豊見城村	土地改良N	9320	8620	<1.5	ジャーガル
35	恩納村	土地改良C	356	360	2.8	国頭マーヅ	93	恩納村	農地A	8.0	7.8	>30	国頭マーヅ
36	恩納村	土地改良A	385	408	2.4	国頭マーヅ	94	恩納村	農地B	205	287	3.2	国頭マーヅ
37	恩納村	土地改良B	420	437	2.3	国頭マーヅ	95	東村	農地C	79	—	11.8	国頭マーヅ
38	恩納村	土地改良B	452	438	2.2	国頭マーヅ	96	東村	農地C	81	—	9.4	国頭マーヅ
39	恩納村	土地改良C	485	617	1.9	国頭マーヅ	97	南風原町	道路工事A	157	81.6	7.3	ジャーガル
40	恩納村	土地改良B	515	534	2.0	国頭マーヅ	98	南風原町	道路工事B	347	287	3.1	ジャーガル
41	恩納村	土地改良B	523	578	1.9	国頭マーヅ	99	南風原町	道路工事A	754	570	2.2	ジャーガル
42	恩納村	土地改良B	577	715	1.8	国頭マーヅ	100	南風原町	道路工事B	2770	2300	<1.5	ジャーガル
43	恩納村	土地改良B	588	599	1.8	国頭マーヅ	101	南風原町	道路工事B	6250	4870	<1.5	ジャーガル
44	恩納村	土地改良B	620	745	1.7	国頭マーヅ	102	南風原町	道路工事B	9616	6160	<1.5	ジャーガル
45	恩納村	土地改良B	711	765	1.7	国頭マーヅ	103	名護市	道路工事C	379	—	3.4	国頭マーヅ
46	恩納村	土地改良B	735	694	—	国頭マーヅ	104	南風原町	民間A	4033	2825	<1.5	ジャーガル
47	恩納村	土地改良B	778	696	1.8	国頭マーヅ	105	南風原町	民間A	25100	17800	<1.5	ジャーガル
48	恩納村	土地改良B	835	1085	<1.5	国頭マーヅ	106	恩納村	民間B	30	22.8	20.0	国頭マーヅ
49	恩納村	土地改良B	839	989	<1.5	国頭マーヅ	107	恩納村	民間B	39	41.0	22.7	国頭マーヅ
50	恩納村	土地改良A	996	761	1.6	国頭マーヅ	108	恩納村	民間B	56	62.3	12.0	国頭マーヅ
51	恩納村	土地改良B	1050	793	1.6	国頭マーヅ	109	恩納村	民間B	78	56.1	12.9	国頭マーヅ
52	恩納村	土地改良B	1060	1179	<1.5	国頭マーヅ	110	恩納村	民間B	108	152	4.8	国頭マーヅ
53	恩納村	土地改良B	1190	1264	<1.5	国頭マーヅ	111	恩納村	民間B	122	103	7.6	国頭マーヅ
54	恩納村	土地改良B	1486	1375	<1.5	国頭マーヅ	112	恩納村	民間B	164	200	4.1	国頭マーヅ
55	恩納村	土地改良B	1580	1482	<1.5	国頭マーヅ	113	恩納村	民間B	251	293	3.3	国頭マーヅ
56	恩納村	土地改良B	2430	2162	<1.5	国頭マーヅ	114	恩納村	民間B	252	301	3.2	国頭マーヅ
57	宜野座村	土地改良E	45	44.8	24.4	国頭マーヅ	115	恩納村	民間B	315	306	2.8	国頭マーヅ
58	宜野座村	土地改良E	59	64.3	18.4	国頭マーヅ	116	恩納村	民間B	363	409	2.5	国頭マーヅ