

岩石と水の相互利用, その3

—高知市北西部, 口細山付近の地質と水質—*

満塩大洗・木村壮一郎・坂本昌弥

(理学部地質学教室)

Interaction of Rocks and Water, part 3

— Geology and Water Characters at the Kutihoso Area,
northwestern part of Kochi City —

Taikou MITUSIO, Soichiro KIMURA and Masaya SAKAMOTO

*Department of Geology, Faculty of Science, Kochi University
Akebono, Kochi 780 Japan*

ABSTRACT : The geology and water characters at the Kutihoso Area, northwestern part of Kochi City, were studied as the interaction of some rocks and water characters, as the part 3 of the writers' study.

As for the geology at the Kutihoso area, Paleozoic and Mesozoic strata are observed, intruded by serpentinite, underlying the Quaternary System unconformably.

The value of electric conductivity of river waters generally showed high ones after rain. And from a boring-hole, dimethyl-ether gas occurred, and the water showed high value electric conductivity, about $6300 \mu\text{S}/\text{cm}$, however it decreased down to its minimum of about $1,000 \mu\text{S}/\text{cm}$, after rain. This means that water from the bore-hole was not accumulated as juvenile one, but was transported from somewhere else.

はじめに

筆者らは岩石と水との相互作用を明らかにするために, 4つの方向から各種の研究を続けてきた。1つめは実際の天然における諸現象の追跡であるが, これはフィールドにおいて, 地質調査や水質調査などの諸調査を実際に行い, 岩石類と水との相互作用を検討することである(今井・満塩ら, 1968; Mitusio et. al, 1971; Imai, et al, 1976; 満塩ら, 1985; 満塩ら, 1987; 今井ら, 1989など)。2つめは常温・常圧下の実験室において, 岩石類を水や各種の溶媒に作用させて, その反応や溶脱する化学種を追跡するものである(満塩; 1989, 1990; Mitusio, 1990; 満塩ら, 1990; 西沢ら, 1988など)。さらに3つめは天然の温泉・鉱泉などを調査し, 普通の状態とは異なる特殊な条件における水と岩石類との相互反応を解明することである(満塩, 1987; 土佐町, 1987; 満塩ら, 1990a, b)。また4つめは実験室のオートクレイブ中の高温・高圧下において, 強制的に反応を起こさせる方法もある(Mitusio et. al, 1982; 満塩ら, 1987; 木村・満塩, 1990など)。これらの研究

*地質学会関西・西日本支部例会(徳島大)で一部講演

の最終目標としては、堆積岩の生成される「続成学」の創立を目指しているのである(満塩, 1989)。

いっぽう、高知県は国民休暇県を宣言し、レジャー・レクリエーションに関連した政策を進めている。また、「ふるさと創生」のため、全国的に「町おこし」や「村おこし」が行われ、各地でもいろいろな試みがおし進められている。このはるか以前から、筆者らも高知県下の各地において温泉開発のための諸種の調査を行ってきた(満塩, 1987; 満塩ら, 1990a, 1990b)。

これらの目標に沿って、このたび、高知市北西部の口細山付近においても、地形・地質・水質調査を行なったので、ここに報告する。

この報告に当たり、城西大学地学教室の加賀美英雄教授、および、高知大学理学部化学教室の西沢均助教授や環境変動研究会の山下修司・小林哲之・橋本 明・竹田善博の諸氏には多大のご助力をいただいた。また、高知市当局の方がたにもお世話になった。これらの方がたに厚く感謝する。

方 法

本地区においては、地形調査・地質調査、および、地表水・地下水の水露頭調査・水質調査などを主として行った。

地形調査・地質調査は5千分ノ1地形図を基に、高知市北西部付近を中心に常法によって行った。また、水露頭調査および河川などの水質調査も同時に行った。水質調査は調査地区における地表の湧水、および、河川や水路調査を行い、その各河川の水質などを調査した。河川の水質は気温・水温・電気伝導度を測定し、室内ではイオンクロマトグラフィによって、溶存成分の化学分析を行った。

地下水として有効に使用できるには、十分な湧水量と水質の確保が必要である。また、地下水は地表水よりも各種の成分を溶かし込んでいることもあるので、地下からの湧水を得る必要がある。それ故、地表水の採集のほか、後述のようにチェックボーリング、すなわち、試錐をおこなって、地下水を揚水し、この水質測定を行った。

また、河川水および地下水は雨水の影響を受けやすいので、台風の通過前後の大雨後にも再調査を行った。このときの調査では、上述の諸調査項目の他に、pH・DO・濁度も併せて調査した。

結果および考察

A. 地形概要

本調査地区は高知市北西部の口細山地区にあり、この西部を鏡川の本流、および、その支流が4本流れている。これらの支流は本地区の北西部にあり、1つは大節川である。また、その南にも小川が流れており、記載の便宜のために、これを尾立川と仮称する。さらに、その東にも無名の小川が流れており、これを塚ノ原川と仮称する。また、この東方にも小川があり、これを口細川と仮称するが、この川には常時かなりの水量の水が流れている。

また、口細川の東方には鏡川とは異なる水系があり、これは紅水川の1つの本流である。これは東方に流れて、やがて久万川と合流している。

本調査域では、標高約100m以下の老年期状でかなり平坦な山頂面を持つ山並みが、鴻ノ森(標高299.5m)の山頂の南斜面に展開している。この斜面をほぼ南方に谷が削り込み、前述の小川が流れている。

また、鏡川の水系においては、河岸に沿って所どころに河岸段丘が見られ、沖積平野も鏡川沿い、および、本地区の南部に少しみられる。

B. 地質概要

本地区の地質の地帯区分では、西南日本の中軸帯に所属し、秩父帯の北帯に分布している。そして、これらの主要な岩質は、1) 基盤岩類、および、2) 第四系である。前者の基盤岩類は古生界、並びに、中生界の堆積岩類、および、黒瀬川構造線にともなう変成岩類、および、蛇紋岩類である。後者の第四系は洪積層、および、沖積層である。その他には崖錐および表土などがある。これらの調査結果を図-1に示し、また、地質断面図は図-2に示している。

(1) 基盤岩類

本地区の基盤岩類は黒瀬川構造線にともなう、堆積岩類・蛇紋岩類・カコウ岩類である。堆積岩

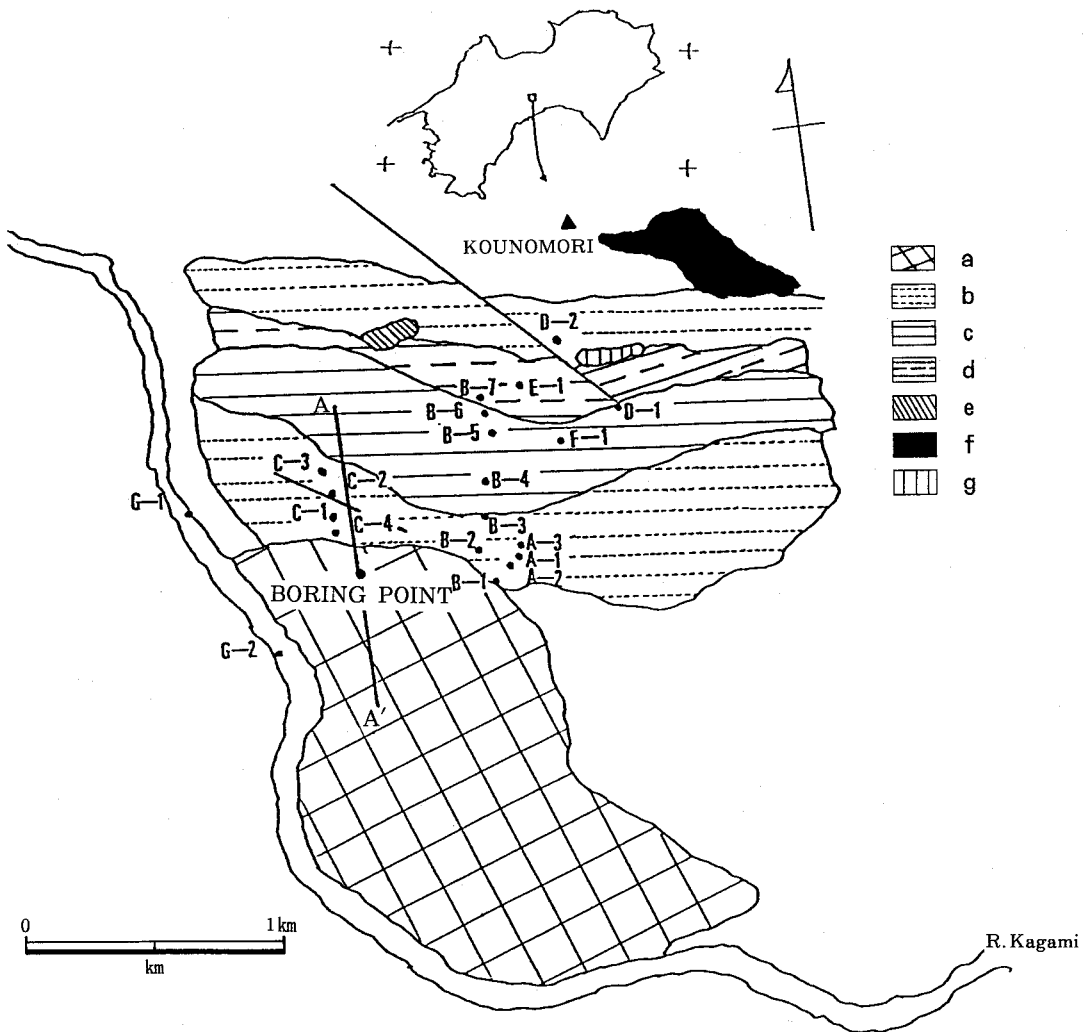


図-1 高知市北西部の岩層区分図および水質調査の位置

- a, 蛇紋岩 b, 碎屑性砂岩 c, 泥岩 d, 砂岩泥岩互層 e, 長石質砂岩
 f, 凝灰岩 g, 蛇紋岩質砂岩 数字, サンプルの位置 A-A', 断面図の位置

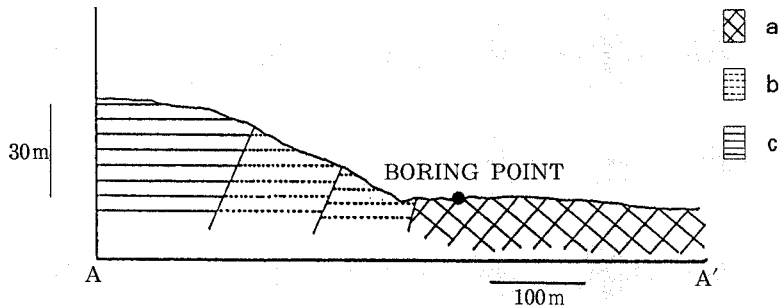


図-2 高知市北西部の地質断面図 (A-A')
a, 蛇紋岩 b, 碎屑性砂岩 c, 泥岩 位置は図-1を参照

類は主に灰黒色・灰色であり、旭が丘団地付近の灰色粗粒砂岩を除いては、非常に分級のよい、いわゆる“きれいな砂岩(アレナイト質砂岩)”である。また、頁岩には東西方向の微摺曲や片理が非常に発達しており、しかも、風化作用を受けていて、きわめて壊れやすい。古生界の堆積岩類は非常に圧碎された砂岩や泥岩類・緑色岩を主体とする、二畳系の白木谷層群である。他の1つは準片岩化した石炭系の伊野層である。

これらを不整合関係により、下部白亜系の堆積岩類が覆っている。これらは砂岩・泥岩・蛇紋岩質礫岩などである。

火成岩類については、鴻ノ森の頂上付近には風化したカコウ岩類が分布している。さらに、青灰色・灰白色・黒灰色などの色を呈する蛇紋岩類が生協病院の付近から南方にかけて広く分布しており、また、尾立付近にもその分布がみられる。これら蛇紋岩類は黒瀬川構造線に沿って、レンズ状に広く分布している。その貫入時期については、白亜紀の初期から後期まで連続して活動を繰り返したと考えられている。円行寺温泉もこの蛇紋岩類からの水によるものである。

これらの基盤岩類を不整合に覆って、後述の第四系が狭い範囲で分布している。

(2) 第四系

第四系は鏡川や紅水川に沿うきわめて小規模の河成段丘、および、沖積平野を構成しているものである(満塩ら, 1966)。前者の河成段丘は中位段丘であり、旭中学への登り口付近にみられ、黄褐色の半クサリ礫からなる。これは層厚が約3mの薄い礫層であり、赤褐色の表土は厚い。また、鏡川沿いの尾立付近にも薄い中位段丘礫層がみられる。

低位段丘や高位段丘は本地区にはみられない。

また、沖積平野は鏡川と紅水川に沿う所にきわめて狭い範囲にあり、沖積層からなっている。

さらに、別種類のものとしては崖錐および表土がある。これらの崖錐および表土は前述の基盤岩類の表面部分を覆っているが、層厚は薄いものである。これらは各川の谷に沿って一般にみられ、いずれも角礫や砂泥である。

(3) 地質構造

本地区における地質構造(図-2)については、火成岩類の貫入による堆積岩類との境界部もまた、地下水の湧出する有望な箇所と考えられる。本地区での両者の境界部は生協病院の南側においてみられる。また、断面図からみて、ここでの蛇紋岩帯と古生層の堆積岩類との境界は約110m

付近であると推定される。この地点において湧出する地下水は、後述のように電気伝導度が高く、最も有望であろうと推定された。

C. 地下水の水露頭調査

鏡川水系、および、紅水川水系のそれぞれの支流における、地下水の兆候を調べるために、地表での水露頭調査をおこなった。「湯の華」(満塩ら, 1990b) はみつけることはできなかった。また、他の地区で多くみられるような、硫黄や硫化水素の臭い(満塩, 1987) も確認できなかった。

しかし、この調査では数箇所の湧水地点を確認することができた(表-1)。塚ノ原川ではC-1, および, C-4である。このうち、特にC-4では小さな池になっており、ここでは鉄の錆のために、黄褐色に汚染された水が発見された。これは後述のように、電気伝導度も極めて高く、ボーリング箇所として有望である。また、口細川では最上流のB-7, および, A-1でも湧水がみられた。

D. 水質調査

鏡川水系の支流では、塚ノ原川からC-1よりC-4までの4カ所を調査した。口細川からはB-

表-1. 高知市北西部の水質調査

調査点	気温	水温	伝導度	備考
A-1	9.0	14.5	38	高知市口細川北東支流, 湧水
A-2	9.0	14.5	34	高知市口細川北東支流, 下流
A-3	9.0	14.5	28	高知市口細川北東支流, 中流
B-1	11.0	13.5	64	高知市口細川本流, 最下流
B-2	9.0	13.5	50	高知市口細川本流, 下流
B-3	12.0	13.5	52	高知市口細川本流, 中流
B-4	12.5	13.5	40	高知市口細川本流, 中流
B-5	12.0	13.5	40	高知市口細川本流, 中流
B-6	8.7	13.0	38	高知市口細川本流, 上流
B-7	8.8	13.5	37	高知市口細川本流, 上流湧水
C-1	19.5	17.0	160	高知市塚ノ原川, 上流
C-2	21.1	14.8	32	高知市塚ノ原川, 上流
C-3	22.0	17.0	32	高知市塚ノ原川, 最上流湧水
C-4	19.5	17.0	300	高知市塚ノ原川, 上流, 湧水
D-1			60	紅水川, 上流
D-2			52	紅水川, 最上流
E-1			48	紅水川, 最上流
F-1			60	紅水川, 上流, 西方
G-1			78	鏡川本流, 宗安寺付近
G-2			53	鏡川本流, 朝倉堰

1 から B-7 の 7 箇所のサンプルを採集し、また、A-1 から A-3 までの 3 カ所の合計 10 点について検討した。また、紅水川の上流からは D-1 と D-2、および、E-1 と F-1 の 4 カ所から採集・調査した。また、これらと比較のために、鏡川の本流から 2 カ所採集した。これらの調査箇所は図-1 に示している。また、各測定値は表-1 に示している。さらに、台風による大雨後の各測定値は、表-2 に示している。

これらから明らかなように、電気伝導度については、最大値は塚ノ原川の湧水のサンプル (C-4) であるが、これは約 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の高い値を示している。また、同水系の C-1 も 160 の値を示している。これらは地下水の影響が考えられ、このような値が得られれば、地下水として有望である。このような高い値が得られるのは、C-1 と C-4 が蛇紋岩帯と古生層の堆積岩類との境界であり、蛇紋岩から多くのイオンが溶出したためと考えられる。

いっぽう、その他の水系における地表の湧水や谷川の水は表層水であり、きわめて低い値を示している。

また、大雨後には各水系の多くの地点で、電気伝導度は大雨前より上がっている。通常大雨後は、雨水により希釈され、電気伝導度は低い値をしめす (満塩ら, 1987)。大雨前は各河川では上流に

表-2. 高知市北西部の水質調査 (大雨後)

調査点	TURB (ppm)	DO (ppm)	TEMP ($^{\circ}\text{C}$)	pH	COND ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
A-1	11.0	0.4	18.6	6.2	36.0
A-2	9.0	0.2	17.9	5.4	40.0
A-3	12.0	0.1	19.4	5.3	42.0
B-1	73.0	0.1	18.9	6.2	39.0
B-2	7.0	0.2	19.5	6.6	66.0
B-3	5.0	0.1	20.2	6.7	56.0
B-4	6.0	0.2	19.3	6.6	48.0
B-5	7.0	0.1	18.8	6.9	46.0
B-6	6.0	0.3	18.4	7.0	60.0
B-7	6.0	0.1	18.9	6.9	54.0
C-1	8.0	0.2	19.5	8.0	52.0
C-2	70.0	0.2	22.4	7.5	45.0
C-3	19.0	0.1	19.8	7.2	40.0
C-4	466.0	0.7	22.5	7.2	480.0
D-1	5.0	0.1	21.5	5.9	118.0
D-2	5.0	0.1	20.5	6.1	100.0
E-1	4.0	0.2	20.2	6.4	110.0
F-1	14.0	0.2	21.9	6.2	130.0
G-1	7.0	0.2	24.9	7.1	265.0
G-2	18.0	0.2	19.1	8.4	100.0

表-3. 高知市北西部の河川および湧水の水質分析表

ion point	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ni ²⁺	Fe ³⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻
A-1	0.60	.....	.....	.....	0.46	12.0	.....	.....	.....
A-2	0.51	.....	.....	.....	0.31	12.5	.....	.....	.....
A-3	0.24	.....	.....	.....	0.31	11.0	.....	.....	.....
B-1	0.33	0.77	0.05	.....	.....	11.0	.....	.....	.....
B-2	0.39	0.77	0.07	0.46	.....	12.5	.....	.....	.....
B-3	0.41	1.06	0.14	0.82	0.34	23.0	.....	.....	.....
B-4	0.31	0.86	.....	.....	0.65	10.0	.....	.....	.....
B-5	0.71	1.68	0.07	0.69	0.43	21.0	.....	.....	.....
B-6	0.52	1.34	0.09	0.83	0.47	7.50	.....	.....	.....
	0.40	0.67	0.04	0.28	0.36	11.5	.....	.....	.....
C-1	0.11	1.87	0.06	1.52	0.46	61.0	.....	.....	.....
C-2	0.11	.....	.....	0.46	0.22	17.0	.....	.....	.....
C-3	0.04	.....	.....	.....	0.32	.....	.....	.....	.....
C-4	0.93	8.83	0.38	8.80	.....	94.0	.....	594.0	.....
D-1	0.16	0.62	0.06	0.55	0.24	55.5	.....	.....	.....
D-2	.....	.....	.....	0.69	0.14	80.5	9.88	153.0	.....
E-1	0.60	.....	.....	.....	0.08	.....	.....	30.0	.....
F-1	0.61	.....	.....	0.74	0.18	.....	4.94	.....	6.18
G-1	0.60	0.91	.....	0.51	0.13	38.0	5.25	.....	.....
G-2	0.23	.....	.....	1.57	0.15	40.0	2.47	.....	.....

行くほど電気伝導度は下がっていく。しかし、大雨後ではその傾向はみられず、口細川では上流でも高い値を示している。大雨前で最高値を示した地点のC-4は大雨後でも高く、480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の値を示している。しかし、この水系の他の地点の電気伝導度は、全般的に下がっている。また、紅水川での各地点での電気伝導度は、大雨前より高い値を示している。

また、地表水や湧水の水質は表-3に示している。これらのうち、化学種はC-4に多くの種類がみられる。カチオンではCaとMgは口細川流域に多く、C-4で最高である。これらは四万十川の結果(今井ら, 1989)よりも低い値を示している。また、Na⁺やFe³⁺もほぼ全地点にみられる。

アニオンについてはCl⁻は全地点にみられるが、特に塚ノ原川と紅水川に多い。また、CO₃²⁻はC-4やD-2にもっとも多い。これらの値は須崎市の小河川(満塩ら, 1989)のそれらよりも小さいものである。

E. ボーリング

地下水の湧出する層準の確定、および、湧出量の確定、さらには水質検査のためのボーリングを行う必要がある。以上の諸調査により、ボーリングすべき位置の選定をおこない、チェックボー

リング, すなわち試錐が行なわれた。

しかし, 今回のボーリングはオールコアではなく, パーカッションであるため, 地質の明確な柱状図は得られなかった。しかし, スライムなどの検討結果, -55m付近に大滞水層があり, -79m, および, -125m付近にもそれぞれ滞水層があることがわかった。

ボーリングによる揚水地点での水質調査の概要を, 表-4に示している。電気伝導度はいずれも非常に高く, -55m付近から-79m付近まで上昇する。しかし, -126mの地点までは変化はなく, -128m付近の地点で下がっていることから, 蛇紋岩帯と古生層の堆積岩類との境界はボーリング地点において, -126m前後であろうと推定された。これらのpH値はすべてアルカリ性を示し, 上部では高く, 下部ではやや低くなる。また, 濁度は-79m付近と-128m付近では大きくなり, -55m付近ではきわめて小となる。

また, きわめて珍しいことには, -125m付近では可燃性天然ガスが大量に湧出していることが確認され, 水上置換によって十分な量が採集できた。一般の温泉ガスは硫化水素ガスや二酸化炭素・メタンなどを主成分とするが, このガスは赤外線分析の結果, ジメチルエーテル $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ であることがわかった。

このことから揚水された水は, 火成岩や蛇紋岩などに密封されて貯留されている“処女水”であることも考えられる。しかし, 台風による大雨後の調査では, 揚水の電気伝導度が極端に下がっているため, 地下水に供給される水脈があることも考えられ, “処女水”であることは否定される。しかし, 詳細な結果については, ボーリングを行った後に再検討する必要がある。

表-4. ボーリングによる揚水の性質

深度 (m)	TURB (ppm)	DO (ppm)	TEMP (°C)	pH	COND ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
-55*	11.0	0.1	26.4	9.2	6300
-79*	590.0	0.2	23.5	9.1	8700
-126*	165.0	0.1	22.7	8.8	8700
-128*	330.0	0.2	22.6	8.5	5400
-8※	340.0	0.2	22.9	8.6	1000
-55※	563.0	0.1	22.4	9.2	1000

* 1990年台風19号前の測定

※ 1990年台風19号通過後の測定

おわりに

高知市北西部の口細山地区において, 地質・地形・水質などの各種調査を行ない, 次のようなことが明かとなった。

1) 本地区には, 蛇紋岩類と古生層・白亜紀層・第四系などが分布しているが, 蛇紋岩類と古生層との境界部付近が地下水開発に有力と判定された。そこより少し下流域の蛇紋岩地域の中でボーリングが行なわれた。

2) 地表および揚水の水質調査を行った結果, きわめて有望な地下水の水源が確認された。

3) 地下-125m付近では, きわめて珍しいことに, 可燃性ガスのジメチルエーテル $\text{CH}_3-\text{O}-$

CH₃が噴出したが、これは水上置換法により採集され、赤外線分析により推定された。

今後はさらに各種の分析が必要であり、また、他の地域における諸調査も行なう必要がある。

文 献

- 今井嘉彦・甲藤次郎・満塩大洗, 高知市の地下水。市政研究特別号, 1-21 (1968)。
- Imai, Y., Mitusio, T. and Okamura, O.: Hydrogeochemical survey of the Bung Boraped lake, Central Thailand. *Res. Rep. Kochi Univ.*, **25** (16), 135-146 (1976)。
- 今井嘉彦・北条正司, 四万十川の水質。高大学研報, **38**, 91-99 (1989)。
- 木村壮一郎・満塩大洗, カコウ岩類の水熱変質。日本地質学会西日本支部会報, (95), 8-9 (1990)。
- 満塩大洗・甲藤次郎, 高知市北西部の第四系。高大学研報, **17**, 67-74 (1966)。
- Mitusio, T., Ohno, M. and Meas, S. A.: Limnological investigation of the Mekong Water System, Cambodia. *Res. Rep. Kochi Univ.*, **20** (15), 1-10 (1971)。
- 満塩大洗・清水欣一・和田温之, 高知県水利地質図。中四国農政局。(1985)。
- Mitusio, T., Matsuoka, K., Yanagisawa, K., and Yamasaki, N.: Interaction between water and serpentinite. *4th Intern. Symp. Water and Rocks*, 337-339, (1983)。
- 満塩大洗, 高知県香美郡香我美町温泉地質水質調査報告書。1-10 (1987)。
- 満塩大洗・西沢 均・森 暢也・猪股隆行, 小河川(須崎市灰方川)の水質変化。くろしお, 特別号 (1), 13-18 (1987)。
- 満塩大洗・山崎伸道・柳沢和道, 河川水に及ぼす岩石類の影響, 特に水熱溶液による分解。くろしお, 特別号 (1), 5-12 (1987)。
- 満塩大洗, 続成学の提唱。堆積学研究会報, (28), 18-19 (1989)。
- 満塩大洗, 未利用資源の研究, その8, ヘドロの基礎的研究。海洋・資源, (19), 26-30 (1989)。
- 満塩大洗, 未利用資源の研究, その9, ヘドロの基礎的研究。ウェイスト・リソース, (20), 19-24 (1990)。
- 満塩大洗・木村壮一郎・坂本昌弥, 高知市北西部口細山地区地質・水質調査報告書。1-12 (1990a)。
- 満塩大洗・小椋正澄, 土佐町の温泉地質調査報告書。1-10 (1990b)。
- 満塩大洗・木村壮一郎・坂本昌弥・山下修司・大山道也: 岩石圏と水圏の相互作用, その1, 未利用岩石の有効利用。ウェイスト・リソース, (21), 13-18 (1990)。
- 満塩大洗・山下修司・大山道也・木村壮一郎, 未利用岩石の有効利用, その2, 加熱変化による風化。ウェイスト・リソース, (22), 13-20 (1990)。
- Mitusio, T. and Ke, J., Adsorption of heavy metals by zeolite and bentonite, Interaction between Lithosphere and Hydrosphere, part 4. *Kochi Univ., Mem. Fac. Sci Ser E (Geology)*, **10** (2) (1990)。
- 西沢 均・島内理恵・満塩大洗, 堆積物と水との相互反応—海洋牧場造成の基礎的研究。くろしお, 特別号 (2), 25-33 (1988)。
- 土佐町・日さく, 土佐町冷泉地質調査報告書。1-28 (1987)。

(平成2年9月30日受理)

(平成2年12月27日発行)

