

温 泉 科 學

第 8 卷 第 4 號

昭 和 3 2 年 1 2 月

原 著

箱根温泉の泉質と地質との関係に就て

上 治 寅 次 郎

(財団法人地下資源研究所)

(昭和32年11月7日受理)

1 緒 言

1.1. 箱根温泉の中で、湯本、塔之沢は早川・須雲川火口瀬の深き浸蝕溪谷中、標高100m~160mにあり、底倉・宮ノ下・堂ヶ島・木賀などは外輪山と火口原との境界地帯にあつて、火山陥没の断層線に沿い、標高320m~400m。仙石原・姥子・大涌谷・小涌谷・湯之花沢・芦の湯・元箱根・強羅などは駒ヶ嶽・神山・台ヶ嶽などの中央火口丘、又はその周辺より湧出する。標高800m~1,000m。

1.2. 泉質は弱アルカリ泉・中性泉・酸性泉、又は単純泉・食塩泉・硫黄線・緑礬泉・明礬泉等種類が多い。これらの種類は泉源地質の差異によるものと考えられる。本文に於ては泉質と泉源地質との関係について考察する。

2 箱根温泉の化学性

2.1. 東京衛生試験所、中央温泉研究所など信頼し得べき分析27個中、⁽¹³⁾湯本及び塔之沢温泉その他同一地区で泉質の近似するものは、代表的に1~2を選択し、20泉につき、主要化学性を示せば第1表、第2表の如くである。なお、その主要成分を図示せば第1図及び第2図の通りとなる。佐藤の調査⁽⁴⁾も詳細であるが分析は行つていない。

2.2. 第1表によれば No.1~ No.6は泉温平均約50C°で、試錐せるものには60C°以上のものもある。No.7~ No.10は平均69.7C°で泉温は前者より高い。No.11~ No.13中には90C°という高温度のものもあり、No.13の如く砂礫層の間より湧出する40C°以下のものもあるが、平均67.2C°となり泉温は高い。No.14~ No.20は稍不同であるが、平均55C°となり、80C°以上の湧泉もあつて、源泉の温度は高い筈である。

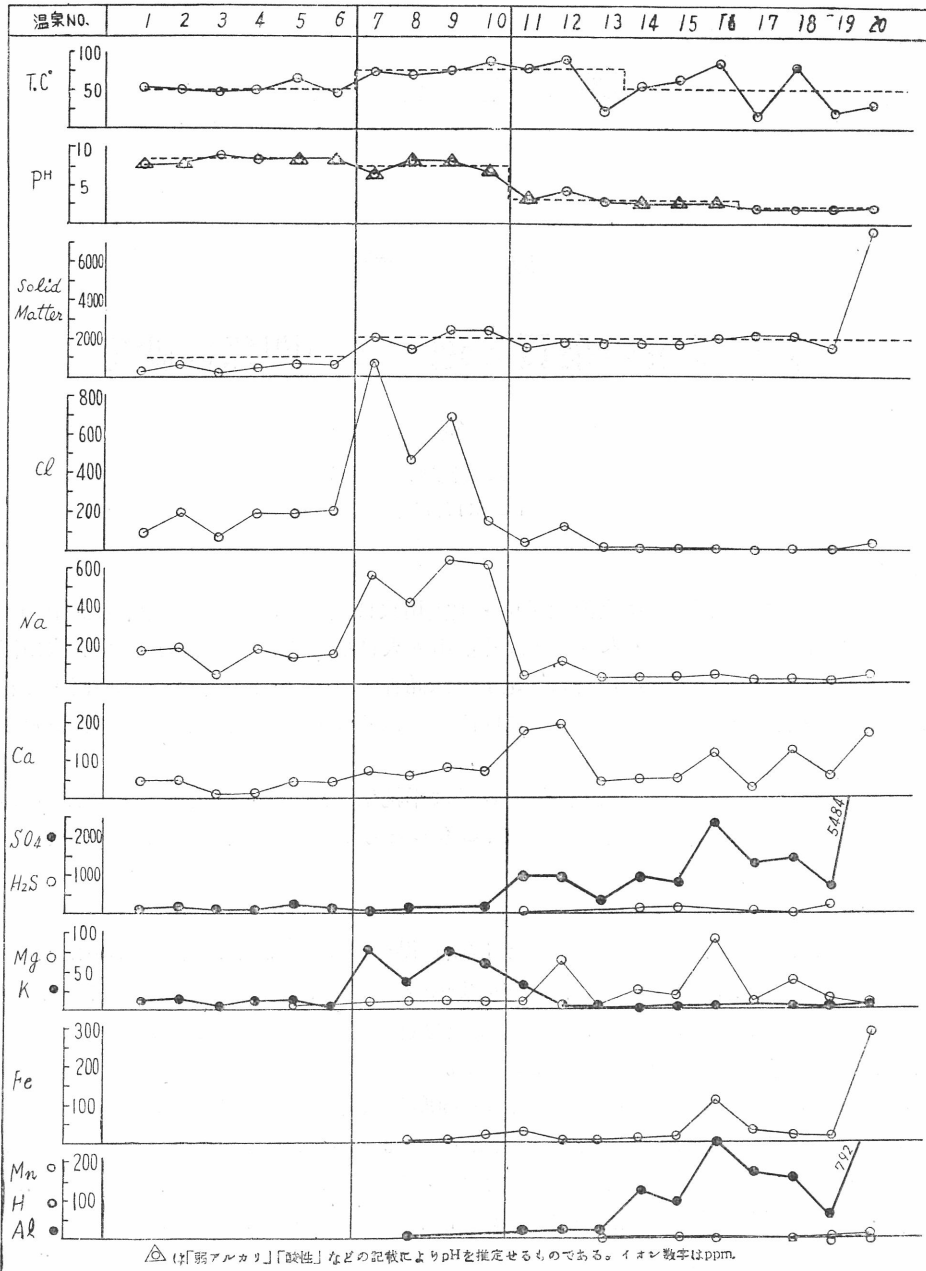
2.3. PHは No.1~ No.6は8.5~9.0で弱アルカリ、No.7~ No.10は6.5~8.0で中性又は弱アルカリである。No.11~ No.20は4.3~2.0で酸性である。

2.4. 溶存固形物総量は No.1~ No.6は何れも1,000ppm (以下ppmを省き数字のみにて示す)以下の単純泉であるが、No.7~ No.20は何れも1,500~7,600に達し、多量の固形分を溶存する。

第1表を通観すれば No.1~ No.6は弱アルカリ性にして、固形分1,000以下、Cl平均163.5、Na147.3、Ca31.5、SO₄131、K7.8を検出し得る外は顕著なるイオンは検出されない。

No.7~ No.10は泉温高く平均69.7C°、泉質は中性乃至弱アルカリ性、固形分1,500~2,400、Cl78

第1図
箱根主要温泉
イオン分布図



△は「弱アルカリ」「酸性」などの記載によりpHを推定せるものである。イオン数字はppm。

5.7, Na435の多量を検出し、Ca97.4, K60, Mg23.1, Fe2.7を析出される。

No.11~No.20に於てはCl, Na, Kなどは甚だしく僅少、Ca, Mg, Feは増加、更にAl, Mn, H, H₂S其他微量成分としてP, As等を含有する。SO₄は全泉を通じて検出されるが、No.11~No.20に於ては甚だ多量である。

以上の各イオン中の主要なるものを第1図に図示した。No.1よりNo.20に至る泉質の差異を見るにNo.1~No.6, No.7~No.10, No.11~No.20の3種の区別が明瞭である。第2表及び第2図には第1表及第1図の一部の塩類を示した。No.1~No.6にはCaSO₄ (石膏)、ClNa (食塩)、

第 1 表 箱根主要温泉イオン分布表

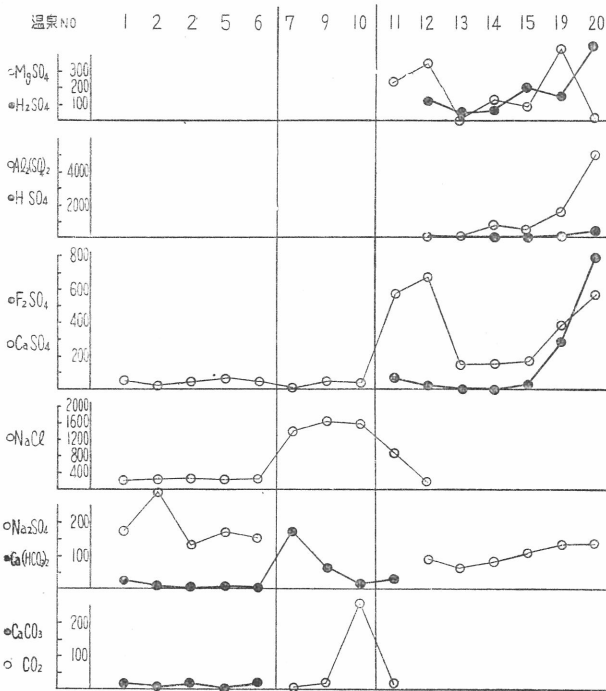
温泉 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
泉 温 (C°)	55.0	52.0	48.5	50.5	67.0	45.5	91.8	61.5	67.0	78.5	71.5	90.0	39.7	53.0	65.0	84.5	35.0	77.2	34.7	35.0
水素イオン濃度 (PH)	8.5×	8.5×	9.0	8.6	8.5×	8.5×	7.0×	7.0×	8.0×	6.5×	3.0×	4.3	3.3	4.0×	4.0×	4.0×	2.0	2.2	2.6	2.3
固 形 物 量	592.8	658.2	263.9	474.9	648.5	655.1	2047.4	1506.0	2343.9	2414.5	1525.5	1583.0 1780.0	613.4	1656.5	1644.5	3501.1	2091.0	222.6	1074.0	7681.0
ク ロ ー ル (Cl)	145.9	216.3	61.9	176.5	180.3	200.3	982.2	691.0	1453.9	132.5	20.6	132.5	4.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.6	16.2	29.6
ナ ト リ ウ ム (Na)	145.9	172.5	68.8	154.9	165.4	176.3	564.3	408.0	655.1	112.5	31.9	112.5	21.4	27.1	35.3	43.4	28.8	44.8	17.3	58.6
カ ル シ ウ ム (Ca)	37.2	13.4	4.4	35.4	31.8	35.0	67.7	53.4	79.2	191.3	167.0	197.3	43.6	46.4	49.8	114.7	77.2	127.0	51.5	168.1
カ リ ウ ム (K)	8.7	11.2	2.3	8.3	11.3	5.2	79.3	32.4	71.6	58.5	28.1	5.3	5.4	3.0	3.5	1.6	2.3	1.8	1.0	5.2
マ グ ネ シ ウ ム (Mg)	0.4	—	—	0.5	0.04	3.0	9.4	6.2	7.4	69.2	52.2	69.2	2.2	24.8	18.8	91.1	29.0	35.7	22.6	4.0
フ エ ロ (Fe)	—	—	—	—	—	—	—	1.1	2.1	7.7	26.3	7.7	0.6	2.5	11.2	104.7	23.1	12.3	1.8	288.6
ア ル ミ ニ ウ ム (Al)	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	44.2	17.5	23.0	131.3	93.5	259.2	171.0	151.0	54.1	792.8
マ ン ガ ン (Mn)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	1.1	1.1	4.4	1.5	2.0	1.0	3.5
ヘ リ ウ ム (H)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3	0.5	0.7	2.0	1.5	1.4	1.4	0.5	4.7
硫 化 水 素 (H ₂ S)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.3	—	—	120.3	175.1	—	72.8	17.9	204.6	—
硫 酸 根 (SO ₄)	153.1	169.2	38.4	126.3	163.0	134.7	3.8	31.7	39.4	30.3	934.3	914.9	281.7	969.9	786.3	2289.3	1319.0	1368.0	540.9	548.4

備考 ×反応分類記事より推定値、No.1-4湯本、No.5-6塔之沢、No.7-8底倉、No.9-10宮ノ下、No.11強羅(小涌谷引湯) No.12仙石原、No.13姥子、No.14-19湯之花沢、No.20大涌谷、イオン単位PPm

第 2 表 箱根主要温泉塩類分布表

温泉 No.	1	2	2'	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	19	20
H ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	126.1	48.0	64.4	196.9	150.5	454.1
HSO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	124.8	47.5	65.7	194.9	149.0	449.4
MgSO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	233.0	342.6	10.8	122.8	93.0	450.0	19.8
Al ₂ (SO ₄) ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110.7	145.1	827.6	588.9	1635.2	5008.0
FeSO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	71.5	21.0	1.5	6.8	30.5	284.9	785.4
Al ₂ (HPO ₄) ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.9	1.8	2.3	—
CaSO ₄	50.1	32.3	53.1	67.9	44.6	5.4	55.9	43.0	567.1	670.3	148.1	157.7	169.2	389.7	571.0
ClNa	227.5	281.7	285.6	280.2	322.3	1434.3	1662.6	1595.1	—	210.5	—	—	—	0.6	37.2
Na ₂ SO ₄	174.1	296.4	131.3	170.3	152.8	—	—	—	—	91.7	66.0	83.7	109.0	133.3	136.0
Ca(HCO ₃) ₂	42.2	5.2	22.0	6.5	0.8	175.3	70.0	18.3	30.4	—	—	—	—	—	—
CaCO ₃	18.0	8.6	15.4	4.3	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CO ₂	—	—	—	—	—	8.6	21.9	263.5	20.5	—	—	—	—	—	—

第2図 箱根主要温泉塩類分布図



膏酸性明礬緑礬泉に相当する。(13)

2.6. 上記の各泉中 No.1~No.6は湯本・塔之沢、No.7~No.10は底倉、宮ノ下、No.11は強羅、No.12は仙石原、No.13は姥子、No.14~No.19は湯之花沢、No.20大涌谷(第1表参照)の温泉である。

3 地 質

3.1. 箱根火山は明神嶽(1657m)・明星嶽(823m)・鷹巣山(827m)などを連ねる弧状の線を境として、東方は外輪山、西方は陥没せる火口原で、芦ノ湖、仙石原などは火口原中にある。早川は火口原を流れて木賀・宮ノ下・底倉の付近から外輪山を浸蝕して、深い峡谷を形成し、塔之沢、湯本を過ぎて東流する。(第3図)

火口原は陥没によつて生成したもので、その中央には駒ヶ嶽(1326m)・神山(1438m)・台ヶ嶽・双子山などの中央火口丘の新火山が生成し、現在でも大涌谷、小涌谷などの硫気孔、噴気孔があつて、火山の余勢を残している。

箱根の温泉群中で湯本・塔之沢は深く浸蝕されたる外輪山中の谷底に湧泉し、底倉・宮ノ下などは外輪山と火口原との境界に近く、火山陥没による断層地帯より湧泉する。仙石原・姥子・湯之花沢・芦の湯・元箱根・大涌谷・小涌谷・強羅などは中央火口丘を作る新火山及びその周辺から湧出する。

3.2. 第3図は火山の概形と各温泉の位置とを示す。断面図は推定によるもので、火口原の地下から中央火口丘の火山が噴出した状態を示し、駒ヶ嶽が最後に噴出したと考えられている。箱根火山については平林⁽²⁾久野⁽⁹⁾等多くの研究がある。

4 泉質と地質との相関

4.1. 上述2の2、2の3、2の4、2の5、3の1により、湧泉地の地質により泉質に差異あるを知る。

湯本・塔之沢・底倉・宮ノ下など No. 1~No.10は火口瀬の凝灰岩中より湧泉する⁽²⁾。この凝灰

Ca(HCO₃)₂、CaCO₃、及び稍著量のNa₂SO₄(芒硝)を認め、No.7~No.10には多量のClNaと著量のCO₂、Ca(HCO₃)₂を認め、No.11~No.13には多量のCaSO₄ MgSO₄(苦味)及び少量のH₂SO₄、HSO₄、Al₂(SO₄)₃(明礬)FeSO₄(緑礬)などを認める。No.13~No.20にはH₂SO₄、Al₂(SO₄)₃、CaSO₄、Na₂SO₄の著量とMgSO₄、Al₂(HPO₄)₃などを認め、それぞれ泉質に差異あるを確認することが出来る。

2.5. 以上20泉中の主要泉につき泉質を分類すれば、No.1~No.6単純温泉、No.7~No.10弱食塩泉、No.11含緑礬硫化水素泉、No.12含石膏酸性泉、No.14含明礬硫化水素泉、No.15含硫化水素酸性明礬緑礬泉、No.16酸性明礬緑礬泉、No.18含硫化水素酸性明礬泉、No.19硫化水素臭泉、No.20含石

岩は箱根火山の活動の初期に火山灰類が海底に沈積した岩層である。このことは湯本に於て鮫の歯の化石が地層中で発見されたこと⁽²⁾、岩層が水中沈積層の特質を明白に示すことによつて疑問はない。尚凝灰岩層の下には箱根火山北方に広く分布する第三紀層、又は伊豆半島に発達する第三紀層が存在すべく、これらの第三紀層中には海棲介類の化石を多産し、塩水層なることは言うまでもない。⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

Cl, Na は箱根各温泉中より検出されるが、中央火口丘に泉源を有する温泉には少量であつて、底倉・宮ノ下温泉(No.7~No.10)に最も多く、湯本・塔之沢温泉(No.1~No.9)はこれに次ぐ(第1表)。従つて食塩はNo.7~No.10に特に多量に、No.1~No.6中にも検出されている。その根源は古く鈴木⁽¹⁾井上⁽³⁾が鹿塩地方の塩塚につきて述べた如く、地層中に存する海水源の食塩に起因、即ち、油田に存在する塩水と同様、化石水(Fossil Water)に起因すると考える。勿論火口丘よりの湧泉中のCl, Naは極少量で、岩漿源と考て差支へはない。小藤⁽⁵⁾は化石水のアルカリ性であるとの意を述べた。小川⁽⁷⁾はペンシルバニア油田で泥盆紀層、シュペリオル鉱水にアルゴンキアン⁽⁸⁾の化石水が湧出したと報じている。三川⁽⁸⁾は油田の塩水は海水源の化石水と考え得ると述べた。

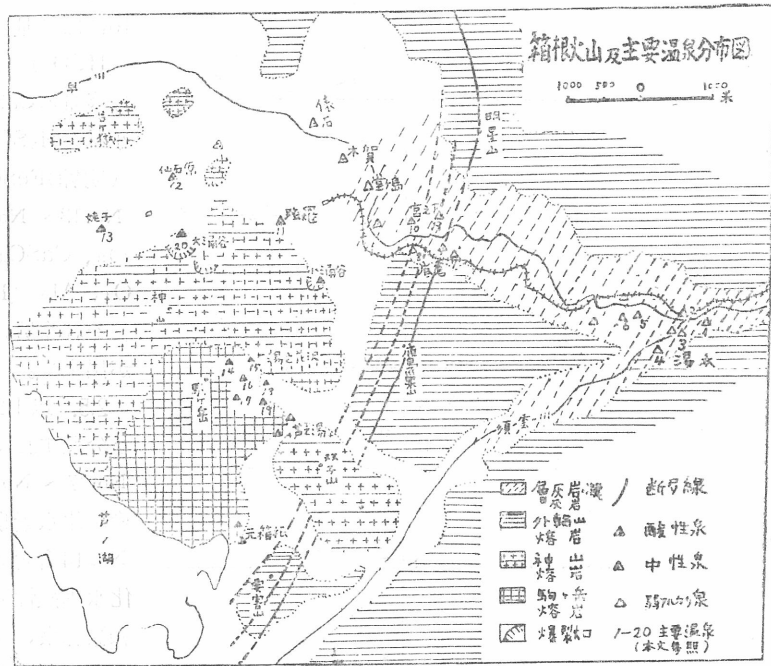
湯本・塔の沢温泉中に溶存固形物の乏しきは凝灰岩及び第三紀層中に浸透せる多量の地下水によつて稀釈されたること、及び温水が地下深部より上昇の際塩類を洗滌せしめたるに起因し、地下水は深所で地熱により加温されると雖も、尙、温度は火山熱で加熱され、地下水の混入乏しき温泉に比すれば低きを当然とし、箱根地区は火山地方なるが故に、他地方の地温より高く、比較的に高温を以て湧泉する筈である。

底倉・宮ノ下温泉に特に食塩の多きは、地下の地層が油田に於ける塩分の集中に似たる特殊事情によるものと思はれる。

4.2. 中央火口丘を泉源とするNo.11~No.20泉はH₂SO₄、H₂S、Al、Mn、Hなどに富みNo.1~No.10と組成成分を異にする。前者は直接岩漿に根源を有するためである。勿論湯の花沢温泉について黒田⁽¹⁰⁾の研究の如く、中央火口丘の温泉中にも幾分かの地下水の混入し居ることは当然肯定される。

富田⁽⁶⁾はホツプスの研究を紹介し、500C°以下の火山瓦斯中にはCl、H、S(亜硫酸ガス・硫化水素)

第3図 箱根火山及主要温泉分布図



火山推定構造図



CO₂、CO、F、H、B、Nなどが検出され、H₂Oも少量は検出されると述べた。これらの火山ガスの一部は水に溶解し、塩類となつて沈澱するも残部は温泉水と混じて湧出する。硫黄は水と化合して硫酸を作るものと考えられ、箱根其他の火山源の温泉中には硫酸が多い。箱根で中央火口丘の温泉が酸性泉なるのも硫酸によることが原因の重要部分をなすものと思う。硫酸は明礬・緑礬などの硫酸塩化合物を作る。成層岩地の温泉は食塩その他、石膏・芒硝、石灰などの少量の硫酸塩又は炭酸塩化合物を作つて、泉水は中性又はアルカリ性反応を呈するに至る。以上箱根温泉群に於ては泉質と地質とに緊密な関係があると認めるものである。特に底倉・宮ノ下・塔之沢・湯本各温泉中の食塩はその大部分が地層中の化石水に起因するものと考察して御批判を仰ぐ次第である。

文 献

- | | | | |
|------|------|-------|--|
| (1) | 1892 | 鈴木 敏 | 信州鹿塩塩泉の实用適否、地学雑、Vol.1, P.198. |
| (2) | 1897 | 平林 武 | 箱根火山、地質学雑、Vol.5, P.142. |
| (3) | 1909 | 井上禧之助 | 鹿塩附近及会津地方塩泉調査、地学雑、Vol.21, P.491. |
| (4) | 1916 | 佐藤 伝蔵 | 箱根温泉調査報文、地学雑、Vol.29, P.167, 1917.
地調報 59, 1916. |
| (5) | 1921 | 小藤文次郎 | 石油と温度・水圧、地質学雑、Vol.28, P.184. |
| (6) | 1923 | 富田 達 | 熔岩の水蒸気及び瓦斯、地学雑、Vol.35, P.32. |
| (7) | 1924 | 小川 琢治 | 温泉について、地球、Vol.2, P.9. |
| (8) | 1930 | 三川 逸郎 | 秋田油田の地下水について、地質学雑、Vol.37, P.65. |
| (9) | 1938 | 久野 久 | 箱根火山の浮石流、地質学雑、Vol.45, P.493. |
| (10) | 1943 | 黒田 和夫 | 箱根湯花沢温泉の化学的研究、日化誌、Vol.68, P.153. |
| (11) | 1949 | 久野 久 | 伊豆修善寺附近の湯ヶ島層群について、地質学雑、Vol.55, P.28. |
| (12) | 1952 | 渡部 景隆 | 下田東方の地質、地質学雑、Vol.57, P.290. |
| (13) | 1954 | 厚生 省編 | 日本鉱泉誌. |

Geology of the Mineral Springs in
Hakone District, Kanagawa Prefecture, Japan.

Torajiro UEJI

The chemical properties of the mineral springs in the central cone of Hakone volcanic district are all acidic, while those of from the tuffaceous sedimentary rocks in this district are alkaline or neutral. The sedimentary rocks, i.e. the basal rocks of this volcano, are composed of marine sediments. The geology of this volcanic district has been studied by Dr. T. Hirabayashi and others respectively for the last sixty years.

It is a conspicuous phenomenon that all the mineral springs in the above sediments contain NaCl more than 1,000 ppm in 1 Kg of the mineral water. The author suggests in this paper that almost all NaCl which was found in these mineral waters had been supplied by the fossil water contained in these strata.