

市川

B. c. III.

地質調査所報告第168号

宮崎県小林市附近天然が
調査報告

地質調査所

昭和31年3月

正 誤 表

頁	行	誤	正
1	下 2	NW~40°	NW 40°
2	下 2	D 2	D ₂
4	上 12	摺曲	褶曲
10	下 16	例え	たとえ
12	上 1	例え	たとえ
12~13	図版 3	Hg ₁	Hg ₄
	〃	Hg ₂	Hg ₃
	〃	Hg ₃	Hg ₂
	〃	Hg ₄	Hg ₁

(地質調報 No. 168)

553.981 : 550.85 (522.7)

地質調査所報告

所長 兼 子 勝

宮崎県小林市附近天然ガス調査報告

通商産業技官	伊 田 一 善
通商産業技官	本 島 公 司
	安 国 昇

目 次

I. 地質調査	1
I. 1 地層各説ならびに各層の相互関係	1
I. 2 ガス生成の場としての加久藤湖と小林湖	6
I. 3 ガス鉱床を破壊する誘因となる地質	10
I. 4 結 言	13
II. 地化学調査	13
II. 1 要 約	13
II. 2 調査法	14
II. 3 地形と水系	16
II. 4 天然ガスの質および量の地域的分布	16
II. 4.1 ガスの質的分類と分布	16
II. 4.2 坑井深度	19
II. 4.3 産ガス量とガス水比	19
II. 5 地下水の性質と分布	21
II. 6 温泉と鉱泉	40
II. 7 地下水の総括	43
II. 8 経済的にみたガス鉱床	44
II. 9 今後の調査・研究等に関する問題	44
文 献	44
Abstract	1
附 図 1 葉	

宮崎県小林市附近 天然ガス調査報告

通商産業技官 伊 田 一 善

通商産業技官 本 島 公 司

安 国 昇*

昭和29年2月9日から3月5日にいたる25日間、宮崎県小林市附近の天然ガス調査(註1)を行った。この調査には地表地質概査と地化学調査とを併用し、前者は伊田、後者は本島・安国が実施した。

地質概査においては、層序・地質構造をさぐり、これらと期待される天然ガス鉱床との関係を求めた。調査範囲は西諸県郡内で、小林市を中心とし、飯野駅から高原駅に至る間の鉄道沿線、面積100km²であつて、加久藤村・真幸町^{まひき}地内は先に(昭23)調査¹⁾2)してあるので、その主要地点を再検討するにとどめた。

地化学調査を行った地域は、小林市を中心として、西は鹿児島県吉松駅から、南東は高原駅以南に及ぶ北西—南東約30km、幅約4km、面積約100km²の範囲である。調査は地下水法地化学調査を実施し、本島・安国の現場調査のほかに、宮崎県友房技師・地質調査所牧技官が分析の一部を担当した。現地における実験室は、福岡通商産業局小林酒精工場の一部を借用した。調査基地は小林市街におき、バス・小型トラツク・リヤカーなどによつて機動力を保たしめた。

調査に際し、種々援助を与えられた小林市長、関係者ならびに前記協力者に対し、こゝに深く感謝の意を表する。

I. 地 質 調 査

I. 1 地層各説ならびに各層の相互関係

調査地内に発達する地層は、加久藤層群とその基盤岩類、霧島火山の熔岩・岩屑および加久藤層群を覆う各種段丘堆積層等である。

基盤岩類 (B)

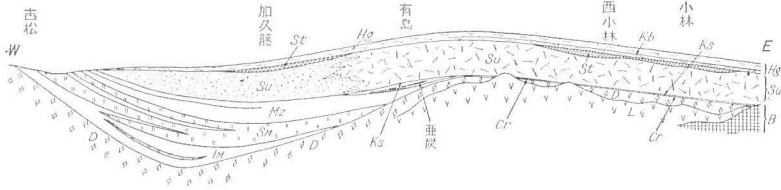
こゝにいう基盤岩類はいわゆる“時代未詳の中生層”であつて、古生物学的検討が進んでいないため、一部にはあるいは古第三系の口南層群に属するものも含まれているかもしれない。従来野尻附近・高原町の一部に存在するといわれ、調査地附近では飯野町・小林市の北半に分布する。大観すると調査地の北・東・南の3方を、この岩類の露出地域が囲んでいることとなり、たゞ市の西方、霧島火山地域ではその噴出物に覆われている。調査地域東端の岩瀬橋北方においては、厚い砂岩を主とし、千枚岩化した凝灰質頁岩と互層するもので、砂岩は淘汰の良い凝灰質砂岩である。一般に走向はNEで、NW~40°内外傾斜するが、小断層が夥しく発達している。水流迫対岸の石切場附近は、後述するD・L層に属する浜の瀬川の熔岩、あるいは

* 元所員

註1) 小林市長の申請による受託調査。昭和30年8月に発表の許可を得た。

スコリア質岩屑層によつて不整合に覆われ、基底には径 15 cm 程度の円礫を含む薄い含礫泥を伴っている。鶴野^{ひばりの}北方 2 km の地点（調査地域の北東方）では、層内で擾乱した厚さ 20 m 以上の灰色頁岩と、その上位の砂岩・頁岩の互層がみられ、これも火山岩屑に直接覆われている。

調査地の盆地部の大部分では、基盤岩類は新しい時代の地層に覆われて、地表では認めることができない。



第1図 西諸県地域層序の説明断面図

霧島火山岩屑 (D) ならびに熔岩類 (L)

霧島火山岩屑は熔岩とともに B 層を覆い、広く分布する。D 層の厚さは地域北縁の山麓では普通数 m~10 数 m 程度であるが、孝ノ子では 30 m 以上あり、吉都線に沿う地帯では基底をみないことから、相当厚くなっていること、また熔岩とともに厚さの変化の著しいことが想像される。この根拠となるものは、起伏の多い地表に露われた僅かな露頭と、若干の試錐の際の情報とによるものである。

D 層は L 層の大小不規則な岩塊を有する雑然とした火山噴出物で、小林市街一真幸町間では、ほぼ無層理な部分が多いのに対して、小林駅以南の地域で高原町湯ノ崎以西では、一般に層理を有し、大小のスコリア質火山泥層・火山砂層・火山礫層が重畳する。この場合、火山礫層が円礫からなり、透水層であることは注意すべきである。

熔岩 L 層は両輝石安山岩を主とし、緻密で石基の微粒のものから、粗粒多孔質のものまで各種あり、また時には流状構造をもっている。主として吉都線の南西側の霧島山体を構成するとともに、飯野町川上附近・飯野駅北東方・小林市街北方・浜の瀬川沿岸等に分布する。これらは今回の調査では、ガス鉱床を探究するうえに必要な認めなかつたので、層序学的に細分することを試みなかつた。しかし明らかにこれらは単一なものではなく、各種の熔岩があることは明らかである。これに関しては、ほぼ同時期に調査を行つた当所沢村技官の図幅調査結果をまつこととする。小林盆地では熔岩の表面は不規則な波状をなし、いたるところにドーム状に出現する。この際上位にある D 層は薄く 2 m 内外であるが、ドームをはずれると急に厚くなる。D 層の表面は盆地内では比較的平坦化されており、L 層のドームの存在する所だけは、それとともに高まりをつくる。

D 層の最上部は黒色または黒褐色の Cr 層に覆われる。これは普通厚さ 30~40 cm のもので、風化すると茶褐色になり、比較的軟弱であるが、新鮮な部分では塩基性火山細角礫を含むことが観察できる。本来塩基性粗粒凝灰岩または火山泥としてあつたものが、加久藤層群下部、すなわち池牟礼層から溝園層までが、堆積中風化されて土壌化し、化石土壌として残つたものと考えられる。この Cr 層は上位に Ks 層をおき、直接接して小林市街から南東方、高原・野尻の地内に分布するが、加久藤盆地では認められない。

D 層および L 層は先の調査では、加久藤層群との関係が不明であつたが、今回の調査ではそのほとんど大部分が加久藤層群、ここに下浦層の下位にあることが明らかになつた。しかし後述の溝園層と同時の D 層も一部には存在する (D 2)。しかしさらに新しいものが、霧島山塊中にあることは想像に難くないが、調査地内まで達しているものでは、白鳥層と同層位かと疑わ

れるものがごく僅かあるのみで、これは疑問のまゝ残しておく。

加久藤層群 (伊田, 1948¹⁾)

加久藤層群とは加久藤盆地に模式的に発達する地層で、こゝでは全層厚 500m 以下である。水底に堆積した凝灰岩を主とし、湖成泥質岩を伴なう。小林盆地ではその上部のみが分布し、後述する通り主として陸成相を示し、泥質岩をほとんど伴わない。この層位の地層は野尻方面まで分布し、さらに宮崎平野に達して宮崎累層群 (首藤, 1952²⁾・伊田, 1954³⁾) を不整合に覆っている。一方鹿児島県下にも拡がり、鹿児島湾岸ではふたたび水底堆積の部分が認められ、層厚も増大する。国分平野で、先に国分層群 (伊田, 1948³⁾) と呼んだものは、本層群の下半に対比されるようである。鹿児島市周辺に分布するものもこの延長であるが、海成層の部分は本層群に含まれるか否か詳らかでない。

模式地で加久藤層群は下位から池牟礼層 (Im)・昌明寺層 (Sm)・溝淵層 (Mz)・下浦層 (Su) に 4 分されるが、西小林-高原間では下浦層のみが本層群を代表している。

南九州一帯に分布する「しらす」^{はいらす}・灰砂・灰石のうち、西諸県地方の「しらす」と灰砂の大部分は加久藤層群に属し、これに属さないものは、僅かに 2 次的堆積層があるのみであるが、灰石の層位位置に関しては未だ疑問が残されている。「しらす」には池牟礼・昌明寺・下浦の多くの層位のものがあり (Im₂・Sm₁・Sm₃・Su₂)、小林市南部および高原町北部では、下浦層の「しらす」(Su₂) の異相として灰砂が存在する。

池牟礼層 (Im) (伊田, 1948³⁾)

真幸町南方において池牟礼脊斜の頂部に出現するが、この模式地では地表でみられる最も下位の層位に、厚さ約 1 m の酸性豆灰岩 (Im₁) があつて、その上位には白色珪藻土がある。厚さは測定できなかつたが、少なくとも 10 m はあるようである。その下部は白色であるが、上部は泥質となり、やゝ淡褐色を帯びている。この上位には「しらす」相の白色細粒凝灰岩 (Im₂) があつて、ふたたび淡灰色泥質珪藻土層が重なり、最上位の部分には植物化石がみられる。池牟礼層は上位の地層に覆われるため、地表で厚さを測定できないが、50 m 以上あるらしい。

吉田温泉附近および梅ノ木附近で、後述する昌明寺層の下位に出現するが、加久藤盆地の他の縁辺部には認められない。すなわち加久藤層群中最も狭い分布をもつ層である。吉田温泉附近では青灰色泥層であり、梅ノ木北東では無層理の青灰ないし淡灰細砂または淤泥からなつていて、植物化石を伴なう。こゝではその下位にさらに「しらす」の Im₂ 層があることから、Im₂-Sm₁ アーベツト^{註2)}とみられる。本島によれば、吉松北方の川内川右岸にも池牟礼層の泥層があり、藍鉄鉱を伴なうという。また調査した限りの川内川右岸の本層は、純粋の珪藻土層を欠いている。

京町の温泉を目的とした坑井では、深度 40~200 m 附近まで泥質岩が出現するが、これは池牟礼層にあたるものと考えられる。しかし真幸町内壱の兎田幸藏宅の坑井では、地表に僅か本層があり、地表から 50 m までは泥層であつたが、それ以下 130 m までは石英脈・黄鉄鉱を含む酸性火山岩である。すなわち、こゝでは池牟礼層の基底は比較的浅い。

加久藤村における産ガス井は昌明寺層から掘り始めており、不完全な記録および深度からみて、その下位の池牟礼層に止まり、若干の深井 (湯田・島内・大溝原の各 1 井) を除いて、下位の地層 (D・L 層?) までは達していない模様である。すなわち産ガス層はほぼ池牟礼層中にあるものとみられる。

昌明寺凝灰岩 (Sm) (伊田, 1948³⁾)

真幸町の京町南方では、池牟礼層の上位に昌明寺凝灰岩と称する白色、細粒、無層理の凝灰岩がある。下底は一部池牟礼層の泥質岩とさしちがえる。この「しらす」相の凝灰岩は上下 2

註 2) アーベツトとは 2 つの凝灰岩に挟まれた部分のすべての岩相の地層をさす (金原均二)。

層 ($Sm_1 \cdot Sm_3$) あつて、中間に灰色泥岩を挟む。この泥岩には粗粒火山砂の薄層 (Sm_2) および白色微粒凝灰岩薄層を伴なう。昌明寺附近では拳大の浮石が塊状に密集した部分を伴ない、また淘汰不良の大小の浮石を伴なう岩相を示す部分がある (この成因的考察は後述する)。加久藤北方では中部の泥層を挟まず、単一の厚い層理のある「しらす」相に変わる。これには含礫砂が介在する。

本層の凝灰岩は顕微鏡下では、剣状のものを主とする不定形の透明なガラスからできている。

この層は池牟礼層より広い分布を示すが、飯野駅以東では地表でみられないことから、加久藤盆地中部と西部に限られて存在するものと考えられ、加久藤層群下部の透水層を形成している。層厚は 50~70 m である。

溝園泥層 (Mz) (伊田, 1951³⁾)

昌明寺凝灰岩を整合に覆い、下浦層に部分的に不整合に覆われる泥層であつて、吉松・京町間の鉄道南側では褶曲し、比較的薄く 40 m 弱である。加久藤駅南東の下末永附近では厚く発達し、ほぼ水平に分布する。飯野附近では川内川河床に沿つて隠顕し、特徴のある青灰色泥と細砂との交互層である。飯野役場北の河岸ではやや局部的に傾斜し、若干の undulation があり、上位の下浦層との間には侵蝕面がみられる。飯野町有島では 30° 内外傾斜する部分があり、昌明寺以下の地層を欠いて直ちに下位の D・L 層に接する。こゝでは厚さが 30 m 内外である。真幸町柳水流南方では互層の層理がやや大まかとなり、藍鉄鉱・潤葉樹葉片化石などを伴なう。

本層は昌明寺層よりさらに分布区域が広く、加久藤盆地のほとんどすべてを覆うものであり、天然ガスの根源を期待すべき地層であるにもかかわらず、川内川北岸の広い地域では沖積面上 10 m 以上に分布し、南岸でも大部分は地表下いくばくもなくその基底に達してしまう。すなわちこのことは、堆積当初はガス発生の重要な地層であるだけの素因は保有していたにもかかわらず、現在ではガス鉱床形成に重大な関係はないものとみられる。

下浦層 (Su) (伊田, 1948¹⁾)

京町駅南東の模式露頭では、淘汰のかなり進んだ厚さ 20 m ほどの凝灰質細砂層で、直径 1~3 m の浮石塊が散在する。粗粒ないし中粒砂は本層の上部および下部に現われる。基底層は溝園層以下の泥岩から由来した泥角礫、および浮石を夥しく含む粗粒砂であつて、基底で若干の侵蝕があつたことを物語っている。模式地附近での全層厚は 60 m とみられる。

加久藤駅南方の下末永附近では、上述の淘汰の進んだ凝灰質細砂の下位は砂泥互層で、砂は大形浮石塊を含まず粒がほぼそろい、溝園泥層に接している。すなわち下浦・溝園両層は漸移整合的である。

ところが小林市における下浦層は、極細粒から径 10 数 cm に達する浮石に至るまでの火山放出物が、全く淘汰されないままに厚さ 30~40 m にわたり堆積している。この場合は層理は鑑別できず、加久藤以西で認めたと全く岩相を異にしている。

この両層の中間相は飯野附近でみられ、飯野駅から東の橋谷にわたる間、および有島の南では、これらの両相がさしちがえ、淘汰の良い層と不良の層とが大きく繰り返している。

また有島の東の谷では、下浦層の主体をなす凝灰質砂の下部に栗巢野凝灰岩 (Ks) をおき、その直下に暗黒色の厚さ 2 m に達する炭質泥があり、基底礫をもつて不整合に溝園泥層と接している。

栗巢野凝灰岩 (Ks) は小林駅東方 4 km の栗巢野を模式地とするもので、こゝでは全体の厚さ 30 cm の縞目のある鮮黄色凝灰岩である。上部は細粒で、厚さは 10~40 cm に変化し、時に淡紅色を帯びる。下部は粗粒基性凝灰岩であつて、外観が稗粒に似ている。この栗巢野凝灰岩は断続するが、小林市・高原町地内に広く分布し、上述の有島附近以外は下浦層の基底、すなわちこの地域では加久藤層群の基底層をなし、美麗な特徴ある層であるため、有効な示準層とな

っている。下浦層は透水性が著しく、地下でも雨水をつくらない。

白鳥層 (St) (伊田, 1948¹⁾)

白鳥層は加久藤盆地において、海拔 300 m 附近に出現するスコリア・火山細礫・火山砂・褐色火山泥を伴う砂礫層で、高位段丘礫層よりさらに高位にあり、高位段丘はこの白鳥層を削つて形成されている。また本層は加久藤層群を不整合に覆い、主として下浦層と、また時には溝園層・昌明寺層と接する。

本層は吉都線に沿い、小林市黒沢津から西小林駅を経て窪田まで進ることができる。西小林駅北方 500 m では、淡灰色凝灰質淤泥汚層を伴ない、禾本科植物化石を産する。

一方、小林・高原間においては、海拔 200 m 前後に本層が出現する。下部は時に厚さ 4 m 以下の基底礫を伴ない、2 次堆積の「しらす」である偽層理のある軟弱な凝灰質細砂からなり、上部は前述の模式地にみられるような火山細礫・火山砂および褐色ロームからなる地層で、全体の厚さは 8 m 以下である。白鳥層は小林市内でも下浦層を不整合に覆うが、基底は一般に平坦で、分布地の周縁では急斜する面と接する。小林市の西村・殿所・真方・栗巣野では、下浦層を谷状にえぐり、谷中堆積をしている。また後述する D・L 層のドームの所では下浦層を欠き、直接 D 層または L 層に接触し、下半部はドームに沿って起伏している (小林駅東方鉄道切割・小林高校など)。岩瀬川沿岸ではロームを伴う礫層があり、日向層に不整合に覆われていて、一見後述する Th 層に似るが、白鳥層に属するものらしい。

小林盆地の白鳥層と加久藤盆地の白鳥層とは、それぞれほぼ水平に近く分布するにもかかわらず、小林駅西方 3 km の窪田附近を境として、堆積面の高さに約 100 m の著しい差が認められることは注目に値する。この境界地は下浦層の「しらす」(Su₂) は欠如し、栗巣野凝灰岩 (Ks) のみが下浦層を代表して、Cr 層に接する特異な状況にある区域である。

白鳥層はその層厚が小さいにもかかわらず、ほとんど水底堆積物からなっていることは、下位の下浦層と異なる点で、ことに小林盆地では唯一の水底堆積層である。

小林駅の西および南の狭い地域を除いて、一般に白鳥層は沖積面より遙かに高い位置を占めることも、本層の特徴である。このことはこの層にガス鉱床を期待するうえで、決定的な否定的根拠を与えるものである。

高位段丘礫層 (Th) および低位段丘礫層 (Tl)

高位段丘礫層は加久藤盆地の周縁山麓にあつて、堆積面は平坦であり、日向ローム層に覆われ、ほぼ海拔 290 m 内外にある (妙見原面)。礫を主体とし粗砂を伴ない、厚さは 2 m 以下である。これに対して低位段丘礫層の 1 つは飯野駅とその周りにみられ (飯野扇状地)、他の 1 つは川内川南岸の加久藤・京町駅間にある (大溝原扇状地)。前者は飯野駅南東方の平木場を頂点とし、北西へ開く幅 5 km、長さ 3 km のみごとな扇状地を形成しているもので、海拔 255~275 m にわたっている。すなわち現在の川内川主流は飯野町杉水流で、若干の支流を集めて東流しているが、この区域にはさほど著しい過去の扇状地を残していないことから、Tl 層堆積の時代には川内川の主流は、西小林から平木場・飯野駅附近を経て、加久藤に流れていたものと考えられる。また高さからみて、飯野の扇状地とは同期と考えられる大溝原の礫層は、その分布形態から、川内川の支流の古い長江川による扇状地堆積層であると考えられる。これは加久藤村平ノ馬場附近で海拔 270 m 内外にあり、北西に細長く続いて海拔 230 m の真幸町向江で終わるが、こゝでもやはり日向ローム層に覆われていて薄い。

日向ローム層 (Hg) (伊田, 1948¹⁾)

日向ローム層は関東ローム層によく似た赤土を主とする地層で、厚さは 5 m 以下であるが、高原町地内ではやゝこれを上まわる。調査地では、多くの場合下位から Hg₁・Kb・Hg₂・Hg₃・Hg₄ の 5 層からなり、比較的整然と重なるが、高原町では小林市内に比較して粗粒物質を混

えている (Hg₁・Hg₂)。

Hg₁ は最下部を占め、褐色で基性火山岩質細角礫が散在する火山泥である。厚さは多少変化がある。

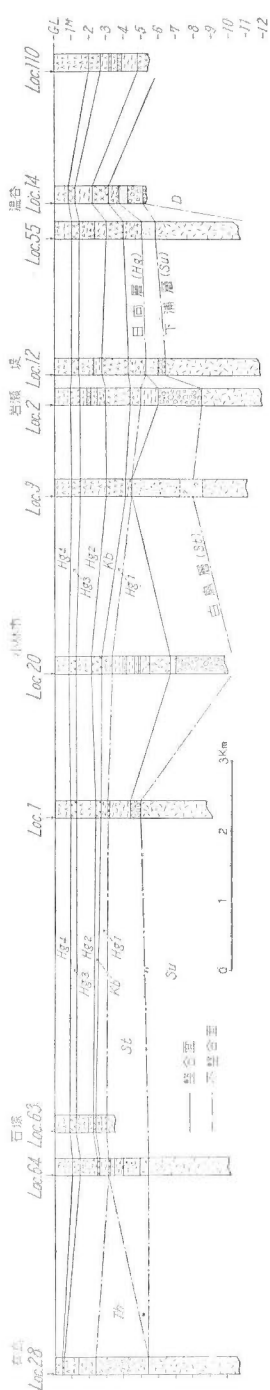
Kb は「小林浮石」で径1~3cmの黄色ないし橙色の浮石が密集しているもので、所によりこの中間に粗粒絹状浮石層を挟むことがある。厚さは地域性を持ち、小林・高原間に厚く、加久藤盆地には存在しない。これからみて Kb は霧島火山の新しい噴出物と考えられる。

Hg₂ は下半は暗褐色、上半は黒色となる細粒火山灰土で、時にスコリア薄層を挟む。

Hg₃ は大鋸屑状黄褐色浮石層で、Hg₄ は黒色火山灰土である。本層は多くの場合沖積面より高い位置を占める。

I. 2 ガス生成の場としての 加久藤湖と小林湖

初めに加久藤湖と小林湖の存在した地質時代を考察してみることにする。まず宮崎累層群との関係についていえば、加久藤層群とくに下浦層の Ks 層は西諸県郡東端の野尻村添野まで辿ることができた。したがってこれに隣接する大淀川およびその支流の浦之名川沿岸の「しらす」・「はいすな」は、下浦層に属する公算が大である。宮崎平野における灰石・灰砂・「しらす」は、宮崎累層群の造構造運動がかなり進んでから後に堆積していて、妻層群の各層位を覆っている。妻層群と高鍋層群とは大観すれば一連の堆積を行っており、一連の構造をもっている。これに対し、加久藤層群上部に対比される地層の分布が、例えば大淀川沿岸あるいは清武川沿岸などの凹地にあることは、地形が現在に近いものできてから後に、堆積したものでなければならない。清武川沿岸で観察したところ、これは高位段丘礫層の下位にあり、また日向ローム層に覆われていることは、加久藤・小林両盆地におけるそれらの相対的關係と差異がない。しかしながら、下浦層に関してはこのことがいえるとしても、加久藤盆地における Infra-Ks アーベツトに関しては簡単ではない。高鍋層群が特に取り立てて著しい火山噴出物を含む事実が認められないこと、および加久藤層群中には局地的には堆積の間隙はあつても、上部と下部との間に著しい構造的差がないのに反し、前述の通り宮崎累層群とでは構造上一見して顕著な差があることから、加久藤層群の堆積および D・L 層の堆積は、宮崎累層群堆積後の産物であるとみて、対比表 (第1表) のような地史的序列を組みあげた。



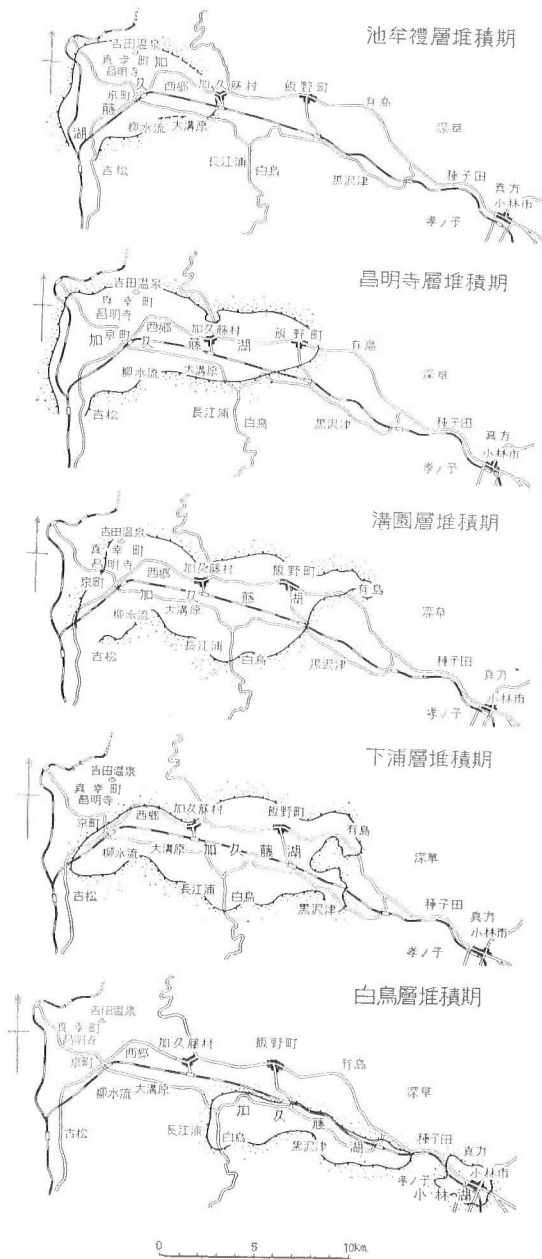
第2図 小林市・周辺地質柱状図

いま宮崎累層群に関する多くの文献を繙くと、高鍋層群の最上部は鮮新統に属し、しかもその前半期を代表しているということにほぼ一致している。それならばD・L層および加久藤層群は、ほぼ鮮新世後期から更新世前期にわたる間のある時期の堆積物であるといえよう。これに対し白鳥層中には、すでに日向ローム層を堆積した火山活動の前駆が認められており、一方筆者が妻附近で観察したところでは、段丘上にあるローム状堆積物が段ごとに相違していて、段の形成と各ロームの堆積とが並行的に行われたことが知られている。すなわち妻附近の各層・白鳥層・段丘礫層および日向ローム層の関係は、関東地方の関東赤土層(関東ローム層)・神奈川赤土層および各種段丘礫層の相互関係と近似する。

鹿兒島湾岸から報ぜられた始良植物群の *Fagus crenata* Br. を主とする群集であつて、少なくともKsより下位にあたる層位にある。したがつて更新統の下限はKsの層位ではなく、やゝそれよりも下位であるとみられる。

以上を総合すると、加久藤湖は鮮新世後期から更新世初期にかけて、霧島火山北麓に存在したもので、後述する珪藻の検討結果から淡水湖であるとみられ、また古地理から霧島火山の噴火に伴う堰止湖とみられる。

その規模は池牟礼層堆積期には比較的小さく、東西9 km、南北6 kmであるが、次のSm₁-Sm₃アーベツトでは東西12 km、南北6 kmに拡がり、さらにSm₃-Su₂アーベツトではやゝ東に偏して東西14 km、南北7 kmとなり、一時消滅して後、あらためて白鳥期に飯野~西小林附近に東西9 km、南北3 kmのもの、および加久藤層群堆積期に乾陸としてあつた小林市を中心として東西4 km、南北8 km以上の小林湖が出現したが、白鳥層堆積期の終末とともに、両湖とも消失して行つたと考えられる(第3図)。



第3図 西諸島地域古地理図

次に加久藤湖の状況を地質上の手がかりから検討すると、次の通りである。

沿岸植物 湖岸に植物が存在したことを示す根拠があるのは、 Im_2-Sm_1 アーベツト・ Sm_3-Ks アーベツトのみであるが、 Sm_1-Sm_2 アーベツト・ Sm_2-Sm_3 アーベツトにも鑑定できない植物片があることから、植物が存在した可能性はある。

植物化石を鑑定できたものはこのうち Im_2-Sm_1 アーベツトであつて、その下半の池牟礼部落 (Loc. 18) から次の化石をみいだした。

Laurus sp.

Pittosporum sp.

Quercus spp.

Tenstroemia sp.

Clethra sp.

Acer sp.

Chamaecyparis sp.

また同地のこれよりやや上位にあたる同じアーベツトの Loc. 17 から、毬果類を含む化石をみいだした。

水中の生物 池牟礼層の Im_1-Sm_1 アーベツトでは *Melosira italica* (EIHRENBURG) KÜTZING が夥しく、80% 以上の頻度を占めていて、僅かに *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Cymbella*, *Diploneis* を伴なう。ところが溝園層では *Melosira* cfr. *granulata* RALFS と *Melosira undulata* (EHR.) KÜTZ., var. *Normanii* ARN. とが優勢であつて、*Diploneis*, *Synedra*などを伴なう。すなわち両層中の化石は採取した地点に関する限り、きわめてその組成を異にしている。

底質のあり方 縞層理は溝園泥層、ことに東部において顕著であり、飯野附近ではほとんどすべてこれを示すといつても過言ではない。すなわち水深は不明であるが、波浪の影響が沿岸とみられる所においてさえ少なく、潮水がきわめて平穏な状態であつたことを示している。ところが下末永における溝園層上部は、青灰色凝灰質細砂と細粒砂質凝灰岩とが互層し、小規模な層内擾乱が認められる。これはその層位の地層の分布範囲からみて、必ずしも沿岸部ではないので、これは底層水の動揺を示すものである。また下浦層の下限すなわち Ks 層の層位に近い所では、湖底堆積をした地域内で多くの場合、泥礫からなる含角礫凝灰質粗砂がある。これは同じく顕著な流水(河川または沿岸流)の影響があつたものと認められる。

次にいわゆる「しらす」である下浦層もしくは昌明寺層においては、その岩相に3種類が認められる。1つは無淘汰の凝灰岩で、きわめて微粒のものから、径15~20 cm に達する白色浮石が乱雑に含まれるものまでである。これをかりにA相とする。第2に細粒、均質な浮石からなる凝灰岩で、昌明寺層の標式的な岩相がこれに属する。これをB相とする。第3にB相のなかに普通5~20 cm の浮石が集まつて、径1~3 m の大塊をなして点在するもので、これをC相とする。A相はその賦存する地理的位置から陸上堆積相と判定される。B相とC相とはともにこれに対して淘汰の進んでいること、時に層理もしくは偽層理の出現すること、その上下に水中に堆積した泥質岩があること、などから水中堆積相であると判定される。もし陸上に堆積してA相を示すべき降灰が湖上に行われたとき、その粗粒部は流され、細粒部が比較的早く沈積することは、A相を示す凝灰岩を1塊とり、これを水中に投ずる簡単な実験で明らかになる。したがつて粗粒部は風波流水によつて集まり、流され、風下の岸に近づいて時間を経て沈積すると考えられる。これがC相であつて、C相は沿岸相の一部を代表しているものである。このC相の多くみられるのは真幸町吉田温泉・内壱の昌明寺層で、また下浦層でも、過去においても縁辺部であつたとみられる山麓に出現する。また飯野駅東方および北東方では、C相とA相と

が重畳する。すなわち沿岸相と陸成相とがさしちがえている。これらの3相は当地の凝灰質岩の様相の大部分を占めているが、もちろんすべてではなく、このほか一般の砂質水底堆積層にみられる多くの様相もみられる。

以上の諸条件を総合、考慮すると、加久藤湖は再三の降灰をこうむり、水中の植物は時にその組成を全く改めるほどの影響を受けながら、陸上では少なくとも $1m_2$ 層堆積以後は樹木が繁茂して、湖沼の色彩をそえたものとみられる。

こゝにガス鉱床を生成する根源となつた環境は、池牟礼層堆積期の湖沼のあり方であり、さらに大胆な推測が許されるならば、同層中の珪藻遺体そのものからガスが発生したと考えられるのではないであろうか。

池牟礼層の体積を概算すると $10^9 m^3$ となり、かりにこれがすべて純粋の珪藻土であるとすれば、有機物の量は約10%として全量は $10^7 m^3$ であるが、実際には有機岩でない火山噴出物もあるため、オーダーとしては $10^6 m^3$ とみられる。また一方産出したガス量は昭和19年(1944)当時の盛業時に、およそ1坑井あたり $40 m^3/d$ であり、現在では空中に逸散しているものを合せても数 m^3/d 以下である。したがつてこの10年間に $10^5 m^3$ 程度の既採掘量が推定できる。日本の他のガス田でこのような数値を求めた例がなく、基礎的数値を欠き、これを比較することができないが、一般に他の大ガス田の source rock としての堆積岩の量は、 $10^{10} m^3$ 以上あるのが普通であり、この場合埋蔵量は $10^9 m^3$ 内外の値が算出されている。以上の略算の結果は、このガス田の規模を大体物語るものである(II. 8参照)

I. 3 ガス鉱床を破壊する誘因となる地質

こゝには一般に層序学上あるいは地形学上に取扱いうるもののみを述べることにする。

基盤岩類はいま論外とする。加久藤層群の下位にあるD層・L層は堅硬な熔岩岩床とともに、その巨礫を粗粒の火山放出物が包むものか、またはスコリア・火山砂等からなり、稀には火山礫層も伴ってくるもので、これらは地下水の流通が比較的容易である。このことは現在の地表で観察すると、D層またはL層が露出する場合、特にやゝ層理をもつてくる場合に顕著であつて、粗粒の部分が水層となり、これから地下水が崖端で滴下または流出している。現在のこのような状況は、加久藤層群の堆積期あるいはその後の地質時代といえども大差ないと考えられる。したがつてD層またはL層自体としては、ガス生成能力がほとんどないが、例えほかに生成されたガスが移動してきたとしても、直ちに破壊作用が進捗するものとみられる。D₂層についてもまたその性格としては下位のD層と大差ないが、この層自体が加久藤層群の縁辺部にのみあつてD層と接し、今回の概査では図上に区別できなかったほどであり、またきわめて規模が小さく、その延長部にある火山砂層(Mz)は、僅か数cm~10数cmの厚さしかもたないことから、Mz層に関する限りは論外である。いゝかえれば、D₂層はガスに関してはD層と併せて考慮すべきであり、延長部のMz層はこれに基づく破壊の影響は一応無視してよい。

こゝに最も重要な破壊の誘因となる層は池牟礼層の一部($1m_2$)、昌明寺層の大部分(Sm_1 ・ Sm_3)および下浦層のものであつて、これらの凝灰質砂・浮石層の透水性が著しいことは、一見して明らかである。淘汰の進んだ $1m_2$ ・ Sm_1 ・ Sm_3 は Su_2 に比較すれば透水性が小さいとはいえ、なおかなり大きなものといえよう。すなわちほかのガス田において、厚大な砂層が鉱床に対して作用したと同様な現象が、これらの凝灰質岩についてみられる。地表で観察した限りでは、これらの凝灰質岩分布地域では、単層の間には湧水をもつことが稀で、多くの場合下底にのみ含水層がある。地下にこれらの層がある場合も、おそらく層内の出水をもたないであろう。

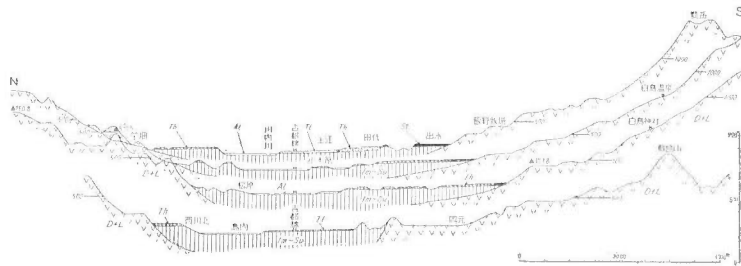
次に問題となるのは、白鳥層以後の各層であるが、これらはいずれも加久藤層群の各層に比

較して薄く、ほぼ水平に分布するので、特殊な性格を有する低位段丘礫層 (T1) を除いては、その影響のほとんどは局地的な問題として扱うべきである。

加久藤盆地の T1 層は、先に飯野扇状地礫層と大溝原扇状地礫層とに分けた。これら 2 つの扇状地礫層は、ガス鉱床に対して若干の影響を与える可能性がある。すなわちほとんどの地域で、低位段丘礫層の下位に加久藤層群の各透水層が直接接してくる。したがって T1 層堆積期およびそれ以後現在に至る期間に、この部分の地表水はすべて容易に地下に滲入し、ほかのガス田における第四紀の扇状地堆積層に比較して、甚だその影響が大であつたし、また現在もそうであることは推測に難くない。したがってこの影響はガス田の破壊となつて現われるべきであつて、1 つは飯野駅から北西へ、他の 1 つは平ノ馬場から大溝原を経て北西へ、その破壊の主力を指向しているとみられる。このことは、別項の地化学的作業の結果の化学成分の分布に現われてくるはずである。

褶曲構造の形成もまた透水層・不透水層が大きく繰返すこの地域に関する限り、地史的にみて鉱床破壊の誘因となつている。加久藤・吉松間の川内川の南岸においてのみ、加久藤層群および D 層はかなり褶曲が進み、2, 3 のスラストを伴なつていることはすでに報じた通りであるが、この褶曲は Su 層堆積後に起つている。Su 層堆積期には、もはやガス鉱床が若干形成され始めた時期であつて、その後 (Su₂-Hg アーベツト) に形成された褶曲地帯は直ちに削剝され、最下位の地層が現に地表に露出する。したがって覆蔽され、盆地のどこにも露出しない Infra-Im₁ アーベツトは別として、他の地層については、こゝから鉱床内に地表水が送り込まれ、地層中のガス水を圧迫することとなる。

最後にこの地域でガス鉱床破壊の誘因の 1 つとして挙げられるものは地形的原因であつて、そのうち河川の下刻による沿岸の地下水の水位低下に基づくものである。これは現在という段階でみた場合には、さほど大きな意味をもたないであろうが、構造発達史上からみれば、過去において働いた作用としては、取り上げるに足るものである。加久藤盆地の河川は一般に広い洪氾地をもち、飯野町杉水流附近には河川が河床を下刻した地形が著しい。こゝでは若干の河岸段丘が存在し、有島東方ではゴージをなしている。すなわちこゝでは、河川に沿い溝園層といえども、山間から送られる地下水に層間を洗われる状況下にある。また平木場・黒沢津間においては、小流が前例に較べて浅いとはいえ台地をえぐつている。たゞし前者は溝園層分布地域の末端であり、そうでなくても地表水の影響が大きな区域で、また後者は下浦層下に Mz・Sm・Im 各層を欠き、D 層または L 層が出現することからみても、ガスの生成作用を伴わず、ガス鉱床の破壊作用のみが一方的に進んだ区域であつて、両者とも上述の考察をまつまでもなく、鉱床の残存は期待できない区域である。



第4図 加久藤盆地南北断面図

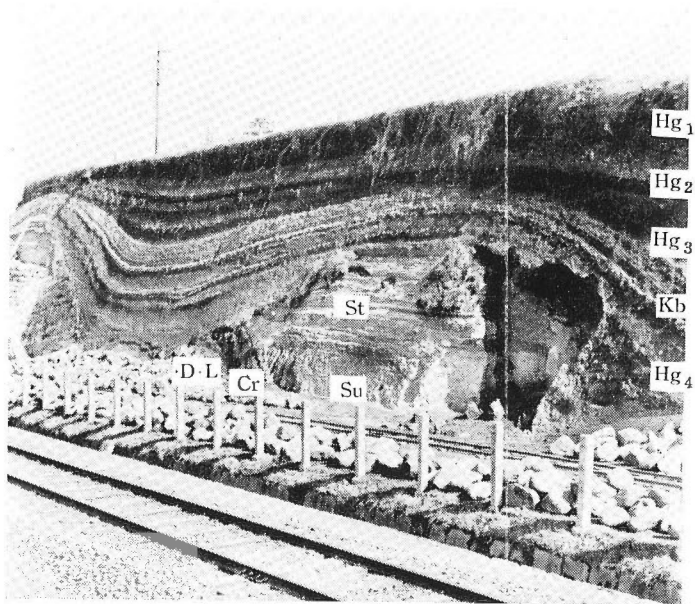
他の地形的原因の 1 つは盆状構造にある。すなわち透水層である D 層が盆地底を形成し、しかもそれが山地と連通する形態をもつている (第4図)。この高低差は一方では盆地底に被圧



図版1 気泡を伴う湧水（小林駅北方1,700 m）



図版2 下浦層 (Su)。小林市附近における標式的な岩相
を示す。白色は大型浮石塊 (小林市飯谷^{いいたん})。



図版3 D・L層ドームの1例（小林駅東南方900m）。電柱下路面附近にドーム頂がある。Su・St層はほぼ水平，Hg₄層以上は道に窪みをつくっている。層記号は本文参照。



図版4 阿母平のドームの一断面。D層はここでは層理をもち火山泥・火山砂礫からなる（小林駅南東6.5km，阿母平鉱泉）。

I. 4 結 言

加久藤層群には湖成層と非湖成層とがあり、鮮新世末期から更新世に形成された。湖成層は主として加久藤盆地にあり、また更新世の堆積物である白鳥層は小林盆地にも存在するが、含ガス層となっているものは加久藤層群下部の池牟礼層である。池牟礼層は珪藻上を主とする地層で、加久藤盆地の西半に分布する。霧島火山岩層の主体は加久藤層群の下位にあつて、非含ガス層である。したがって現在の産ガス地といえども、加久藤層群を越えた深度にはガスを期待できない。小林市内には稼行しうるほどの可燃性ガスを生成するとみられる地層は存在しない。

II. 地化学調査

II. 1 要 約

(1) 加久藤盆地の可燃性天然ガスは、鮮新・更新世に湖沼中で堆積した加久藤層群中の多孔質な部分に貯留されている通常の共水性（水溶）メタン系天然ガスであると認められる。

(2) 小林市附近にみられる共水性の気泡は、a) 空気、b) 炭酸ガスおよび窒素からなる気体の2種であつて、可燃性天然ガスはこの地域では全く認められなかつた。

(3) 加久藤ガス田は京町から飯野西方に至る東西約8 km、南北約2 km、面積約15 km²の範囲を占めている。

(4) その含ガス層の深度は80~150 mを示し、その上下にはガス量が少ない。

(5) 加久藤のガス質はCO₂とCH₄とが比較的少なく、N₂が多い。すなわち大略CO₂ 0.9~4%、CH₄ 65~80%、N₂ 18~32%の組成を示す。H₂Sは $N \times 10^{-3} \sim N \times 10^{-4}$ %程度含まれる。

(6) 産ガス量は、口径2"前後の自噴井において最大5.7 m³/dが測られたが、多くは1~3 m³/dである。ガス水比は良い条件の井戸において、理論飽和量に近い0.25程度を示す。

(7) 可燃性ガスと一緒に産する地下水は、僅かに緑黄褐色を呈し、水温21~24°C、pH7.0±、RpH7.4~7.6、HCO₃⁻ 160~440mg/l、free CO₂ 6~40cc/l、total CO₂ 60~220cc/l、dis. O₂ 0.2~0.6 cc/l、dis. CH₄+N₂ 38~50cc/l、Cl⁻ 6~9mg/l、NO₃⁻ 0.00 mg/l、Fe⁺ 1.2~4.5mg/l、P 0.2~2 mg/l程度の化学組成をもっている。

(8) 要するにこのガス田は、通常の淡水成第四紀天然ガス鉱床となんら異ならない地質的、地化学的性質をもつた比較的中程度のポテンシャル（賦存力）を示す共水性、かつ水溶性鉱床の性質をもっている。

(9) 小林市附近の浅層地下水は、ほとんど第三紀末の火山の噴出物中に保有されるもので、ガス附随水に比較すれば、すべての溶存物が少ない。

(10) 真幸町吉田温泉は炭酸系であるが、同町の京町および吉松駅（鹿児島県大隅郡）北方の温泉は単純泉に近い性質を示し、化学組成上からは、ガス附随水が加熱されたものと大差がない。

(11) 高^{たか}原^{はら}附近には炭酸系の鉱泉が数多く存在する。この鉱泉はSO₄²⁻やCl⁻も若干保有し霧島火山群の後火山作用によつて成立するものと解せよう。なお小林市街附近には、地下水温および地下水水質から、温泉および鉱泉の存在を示す資料はごく僅かしかみあたらない。しかし蓮太郎温泉附近は再検討の要がある。

(12) 調査地域内のガスの推定飽和埋蔵量は $N \times 10^6 \sim 7 m^3$ 程度と思われる。

(13) 加久藤ガス田では、この地域に適する利用法に合致した開発法を、現地で研究することが大切と考える。特に地下地質に関する資料は皆無であるので、これをうる努力を行つた後で、

この地域のガスに関しての最終的結論を導き出すべきものと思われる。小林市附近では、可燃性ガス調査のために差しあたりなすべきことは思いあたらない。

II. 2 調査法

1) 一般事項

可燃性天然ガスが今回の調査のおもな対象なので、この報告を通読するのに便利のように、このようなガスに関する一般的な、ごく概略の説明をここに述べてみよう。

可燃性天然ガス（以下天然ガスと記す）は、それぞれその地質状況に応じて、化学的にも特徴のある賦存状況を示しているのので、地質と地化学的調査とを併用して調査の精度をあげるのである。

さて、この附近の地質状況から考えられる天然ガス鉱床の型は、まず第1に、加久藤盆地にみられるような旧湖沼中に堆積してできた岩石中に、水と一緒に貯溜されるいわゆる“共水性または水溶性”のガス鉱床である。この場合には、ガスの賦存状況をより詳しく追求するには、ガスそのものの質的量的調査以外に、ガスに伴う“ガス附随水”の質的調査・ガスとの相対量的調査が必要である。このために、地表地質資料から考えられるガス田の形式を念頭におきながら、調査地域内に適宜地化学調査用測点を配列する。ガスのあり方は立体的に、すなわち地域的な拡がり、垂直方向の地下深所における状況とを調べる必要があるのので、地表近くの浅井戸だけでなく、特に既設の深井戸（鑿泉）については、できるだけ測定を行うようにする。ガスに伴う地下水はいわゆる還元力をもつていて、割合に“よごれた”水である。この水を空気（酸素）に接触させると水質が激変し、ガスのあり方を示す化学元素のうちのあるものが消失したり変化したりするから、できるだけ自噴井について、空気に接触させずに試料を採取して、現場分析を行うようにする。

天然ガスの地下におけるあり方と、地表近くにある表層地下水中のメタンガス（ CH_4 ）量、その他の化学元素量との間には、密接な関係を示すことが多いから、深井戸がない場合には浅層地下水について測定を行う。なお湧水・温泉・鉱泉などの水は、地下深部にある地層と接触する機会が多いはずであるので、できる限りそれらを探し出して、測定を行うようにする。

この調査において測点は第7図に示されるように配列したが、その測点数は約100点に達する。これに対応するそれぞれの測定値は第2～7表に示されている。表でわかるように、ガスそのもののほかに、特にガスのあり方を追求するうえで重要な化学組成は、 pH 、 NH_4^+ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 KMnO_4 Cons., total CO_2 , dis. O_2 , SO_4^{--} などである。これらの測定成分については、主として II. 5 で述べる。

2) 調査上の着眼点

i) 小林市周辺には火山岩が多いので、ガス鉱床が存在するとすれば、加久藤ガス田と類似の淡水湖沼成ガス田であろう。

ii) したがって小林市周辺のガスを解くために、まず加久藤ガス田を拠点として、漸次東方へ調査を進めていく。

iii) 小林市附近にある成分不明の共水性気泡の実態を究明する。

iv) わが国では珍しい第三紀淡水湖沼成共水性ガスの資料を適確に把握して、わが国各地の第四紀淡水成の共水性ガス鉱床との比較・検討を試みる。

v) 京町附近の温泉を調査し、ガス鉱床と温泉の相互の関係を解く。

vi) 小林市街周辺における異常水温・異常水質を、見逃さないように注意する。

vii) 炭酸ガスの調査。

viii) 当地域のガスに関する調査・開発・利用等についての再検討を行う。

II. 3 地形と水系

調査地域の中心部を占める小林市街は、標高約 200 m に位置し、南西に高千穂・霧島山を配している。小林市街の西方ではやや標高を増し、約 8 km 西すれば加久藤盆地に達する。この盆地は中心に川内川がほぼ西流し、標高は 250~260 m 前後である。小林市街の南東方は、南流して都城^{みやこのじょう}市方面に至る高崎川と、東流して宮崎市方面に流下する岩瀬川との両水源地に接して、地形はやや複雑であるが、概略小林市街方面へ向かつて高度を減ずる。この地方を構成する地質のうちで、特に加久藤盆地の水成岩や、新しく地表を覆った火山噴出物層には、いずれも透水性の大きいものが多く、自由地下水や被圧地下水が形成されている。自由地下水が湧水をつくっている小林市附近では、火山岩の帽子状突起と、これを覆う透水性堆積岩との相互の水理地質的關係によつて、特異な状況が観察されることは、地質の部で明らかにされている。

当地域は北緯 31°38' から 31°50' というわが国では暖い地方に存在するので、年平均気温も比較的高く、大略 16°C 程度と推定される。したがつて、降雨形式も東北日本等の冬雪型ではないので、地下水温推定の場合も充分な注意を要する。

なお、観測表中の水中溶存ガス量は、標高 200 m の地点でガス分析を行つたものとして、気圧補正を行つた値を表示したものである。

II. 4 天然ガスの質および量の地域的分布

其水性天然ガス調査において、経済面から最も重要な資料は、ガスの質とその立体的な分布状況、および坑井産ガス量を知ることであつて、具体的に述べれば、特にガス中に占める CH₄ または CO₂ の占める割合、深度に対するガス水比と地下における貯溜岩の性質とが重要である。これを以下 3 つの項目に分けて述べる。

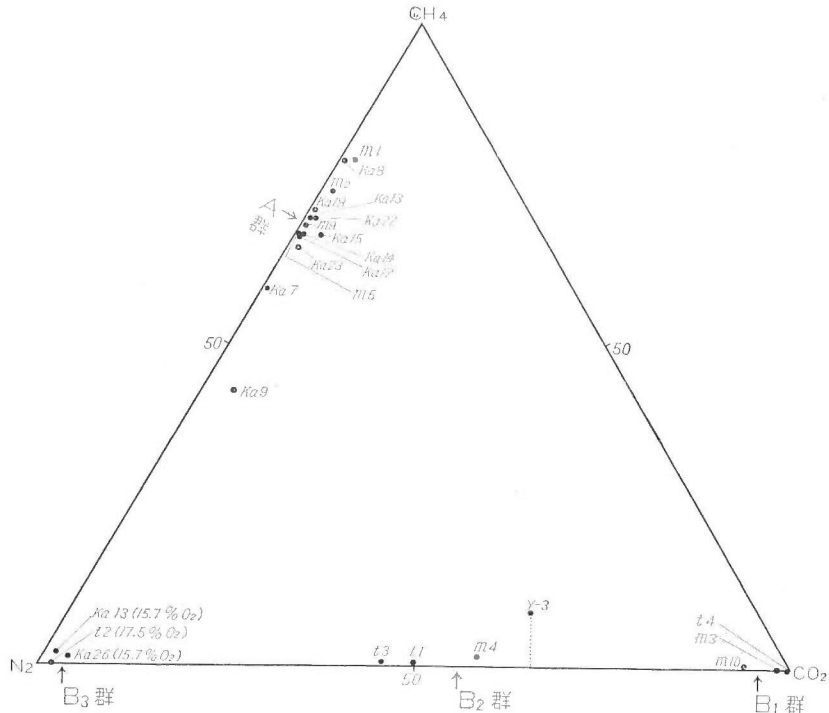
II. 4. 1 ガスの質的分類と分布

当地域内にみられる天然ガスは、次の 4 つの型に分類できる。

- A……………CH₄>>>N₂>CO₂ (可燃性天然ガス)
- B……………CH₄ 僅少または皆無のもの。
- B₁……………CO₂ 型 (鉱泉および温泉ガス)
- B₂……………CO₂+N₂ 型 (温泉ガス)
- B₃……………O₂+N₂ 型 (空気)

ガス組成を CO₂, N₂, CH₄ の 3 成分によつて示せば、第 8 図に示されるようになり、上記の 4 つの型が明らかに図上で認めとれる。またそのガス組成と、A~B₃ の 4 つの型による分類とを分布上からみれば、第 9 図となる。

第 1 に A 群に属するガスは、わが国各地に産出する其水性天然ガスと同じ化学組成を示している。その大略の化学組成は CO₂ 0.5~3.5%, CH₄ 58~79%, N₂ 19~41% であつて、CO₂ と CH₄ が少ないことが特徴的である。測点番号 Ka-9 には O₂ も混入していることがあるので、これは CH₄ の多い方向へ補正されるべきであつて、一応論外においた。この種の組成を示すガスは、地域的には京町から加久藤村前川原に至る間だけにみられる。この種のガスは一応、CH₄>60% であるので、その発熱量は大略 5,400 kcal/m³ 以上を示すべきであつて、通常の用途に対しては充分なものである。ガス中の CH₄% は西部の京町附近では少なく、ほぼ 68% 前後であるのに対して、東部にある加久藤村西郷・湯山附近では 78% 前後の値を示し、さらに東では CH₄ 65~70% というようにやや減少する。



第8図 天然ガス3成分図

以上の区域のほか、明らかに CH_4 ガスを含有する天然ガスには、Loc. No. Y-3の温泉ガスがあるが、このY-3付近には藍鉄鉱 (Vivianite) を多量に含有する青緑灰色泥岩が存在し、温泉はその岩層中を通過してくるおそれが多分にある(後述するように、地下水中でこゝだけはほかの鉱泉と較べて SO_4^{2-} が少なく、 NH_4^+ が極端に多いことにも注意されたい)ので、一応水成岩に源をもつた CH_4 ガスとみなしておく。

第2に B_1 群に属するものは Loc. No. T-4, M-3, M-10で、いずれも $\text{CO}_2 > 93\%$ で、典型的な温泉ないし鉱泉型のガス組成と考えられる。 CH_4 は全く存在せず、 N_2 が $0.5 \sim 6.5\%$ ある。地域的には真幸町吉田温泉ガスと、高原町湯之元鉱泉ガスとがこれに属している。

第3に B_2 群に属するガスは、前述の Loc. No. Y-3 のほか、M-4, T-1, T-3 などである。大略 CO_2 $45 \sim 65\%$ 、 N_2 $35 \sim 55\%$ の組成を示すから、丁度 $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ の型で表現できる。この組成のガスも、温泉地帯ではよく現われるものであるが、当地域内では、吉松および吉田温泉と小林市の蓮太郎温泉ガスとにみられる。

第4に、 B_3 群はほぼ空気の組成(大略 O_2 21% 、 N_2 79%)に近い値を示すもので、Loc. No. T-2, Ka-13, Ka-26などがこれに属する。しかしその組成をやゝ詳細に観察すれば、空気に較べて、 CO_2 が大略 $1.5 \sim 3.5\%$ に達して遙かに多く、逆に O_2 が $15.7 \sim 17.5\%$ と遙かに少ない。すなわち、 B_3 群はその組成はほぼ空気に近いが、それよりもやゝ CO_2 増加と O_2 減少という点では、地下からの影響をこうむつたガス体であるとみなすことができる。この群のガスは小林市と高原町において多く発見されている。

以上を纏めれば、可燃性ガスは加久藤村と京町附近に存在し、 CO_2 ガスは吉田温泉および高原町湯之元に、 $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ガスは吉田温泉と蓮太郎温泉に、 $\text{O}_2 + \text{N}_2$ ガスは小林市および高原町に発見される、というわけである。

後述する地下水水質の項を参照すれば、さらに明らかになることであるが、 B_1 群は地表からの影響の少ない地点にみられ、 B_2 群は、 B_3 群のガスを保有するような浅層地下水が地下の岩石と接触している間に、 O_2 を消失した状態を示すに至ったものが、 B_1 群のガスと温泉水に種々に混合して自噴し、温泉水からの CO_2 と、浅層地下水からの N_2 (O_2 は消失して) とが混合した状態で現出した、とみられる点が多々ある。もしもそのように極端に考えを進めると、この地域の天然ガスは、 A 、 B_1 、 B_3 の 3 群に分かちうるし、このなかの B_3 は地表からはいつた空気が、ふたたび地下から循環してきたと考えれば(後述)、結局この地域の天然ガスは、水成岩に由来する可燃性天然ガス A と、火山系ガス B_1 とに集約できる。このなかの B_1 はその供給される深度からしても、 A 群のガス組成を若干変化(modify)するであろうことは予期せねばならぬが、ガス組成からはその点を解析することはできない。なお可燃性ガス中にある微量ガス成分としては、 H_2S (硫化水素) ガスが $N \times 10^{-3} \sim N \times 10^{-4}$ vol. % 程度含まれていて、他のガス田のものより 1~2 桁多い特徴がある(例えば上諏訪ガス田では $N \times 10^{-4} \sim N \times 10^{-5}$ vol. % であつた)。

II. 4. 2 坑井深度

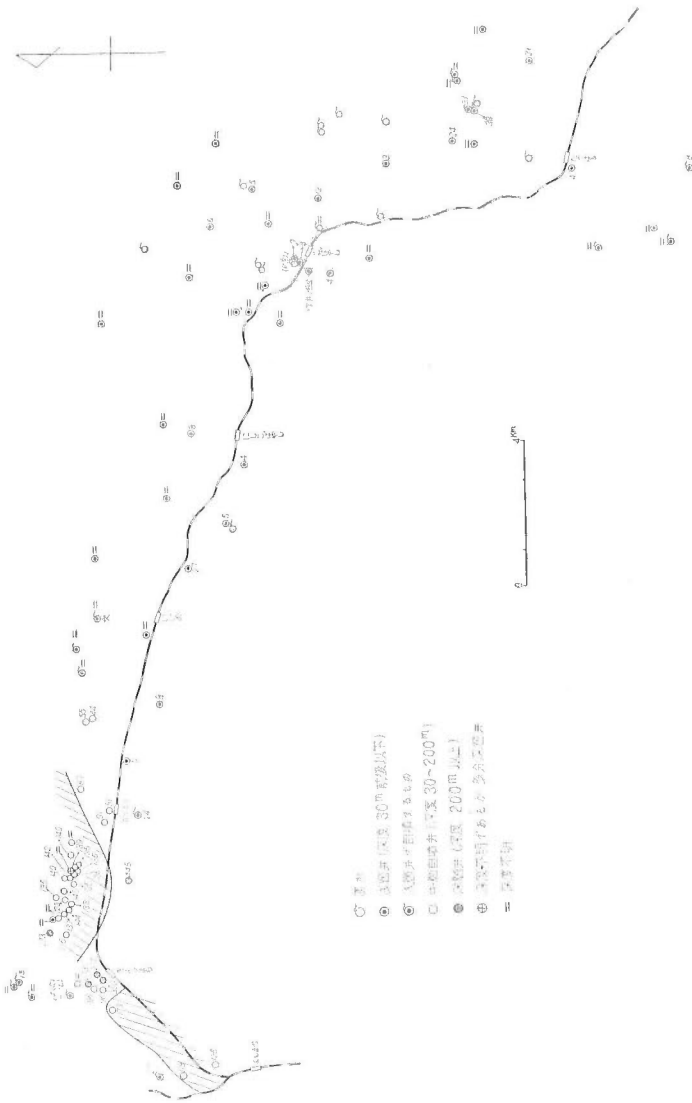
調査した井戸は最深 450 m に達する自噴井を含めて、各種の深度を示している(現地における深度の実測は行わなかつた)。これを地域的に示せば第 10 図のように、大体自噴井の存在する地域は、飯野町から加久藤村・真幸町を経て吉松村に至る加久藤盆地地域と、小林市南部の蓮太郎温泉から高原に至る東部地域とである。しかも前者では、盆地周辺には清水(clean water)と温泉を、中心部にはガス水と温泉を産するのに対し、後者では温泉・鉱泉を産するのみであつて、たゞ廻々に自然湧水の清水を現出させている程度である。この相違は、もちろん水理地質的條件の相違であるには違いないが、その最大の原因は、不透水性堆積岩が東部の小林盆地側に欠けていることであつて、自然湧水または蓮太郎温泉の自噴井なども、自由面地下水の動きの面から理解できるような水の産出状態を呈している。

さて、第 10 図をみると、加久藤盆地におけるガス井の深度は、地表下おゝむね 80~150 m 程度であり、盆地内における温泉井は 90~300 m 程度で、稀に 20 m または 445 m という例外もある。飯野町では 30~50 m 位で自噴し、ことに盆地の東部では水質の良い高水位自噴井が存在する。100 m 以深の井戸の存在地域は加久藤駅以西に限られる。自噴水位は一般に低く、地上 1 m 以下である。小林盆地では、小林駅附近に 28 m の鑿井があるが自噴しない。蓮太郎温泉の井戸は深度 31~38 m であるが、地上 2~3 m まで自噴する。産ガス井の坑井深度は、加久藤村ではほとんど 133~142 m の間にあつて、地化学的扱い方としては、一応同一深度の坑井としてさしつかえない。京町温泉では 100 m 前後の深度に貧弱なガス層があるが、それ以下の 200~300 m 層が湯脈に相当しているわけである。同一地域の上部からガス、下部から温泉を産する例としては、長野県上諏訪温泉の南西縁辺地域があつて、丁度京町温泉と泉質的にも類似する点がある。

II. 4. 3 産ガス量とガス水比

まず第 8 図(ガス 3 成分図)における A 群の可燃性ガスから述べる。

加久藤ガス田はかつて第 2 次大戦中に九州天然ガス K. K. によつて、燃料用ガスを得る目的で開発されたものであるが、現在会社は解散し、その開発地域内に口径約 2~2 $\frac{1}{2}$ " のガス井戸が約 25 坑存在し、そのうち約 5 坑が自噴採取のみで自家用燃料に供されている程度である。これらの井戸は加久藤地区の東西約 2 km、南北約 750 m 位の範囲に散在していて、このほかに自家用にガスを利用している井戸が、京町部落内に 2~3 坑ある。



第 10 图 坑井深度分布图 (m)

ガスは水を伴って自噴してくるのであるが、その産ガス量は最大 $5.7 \text{ m}^3/\text{d}$ /坑で、旧九州天然ガス K.K. の坑井の多くは、 $2\sim 5 \text{ m}^3/\text{d}$ の産ガス量を示すものが多い。これに対して京町の井戸は、 $0.1\sim 0.6 \text{ m}^3/\text{d}$ 日程度の産ガス量を示すに留まり、加久藤地区より遙かに産ガス状況が悪い。地下水量は加久藤地区で $20\sim 40 \text{ m}^3/\text{dl}$ 坑程度であつて、特に水量の少ないガス井では $2\sim 3 \text{ m}^3/\text{d}$ 坑程度となるが、この場合にもガス量は決して減らないから、ガス水比は良好になる。

次にガス賦存力を知るのに大切なガス水比であるが、加久藤地区の井戸はほとんど深度が $133\sim 142 \text{ m}$ の間にあるので、平均理論ガス水比を 0.34 ($1:2.9$) とおいてみると、その値より大きい数値を示す井戸は Loc. No. Ka-2 (1.07)・Ka-7 (1.52)・Ka-17 (1.23) の3井戸だけであつて、ガス田のポテンシャルの低いことを示している。

京町での実測ガス水比は表示してないが、目測によつては理論値の $1/10$ 程度と判断された。

なお、加久藤駅附近には産ガス量が比較的大きい井戸 (Loc. No. Ka-22) もあるが、ガス水比は理論値 ($0.22=1:4.5$) に対して約 $1/6$ (0.036) なので、やはりガス田の中心部は、旧九州天然ガス K.K. で開発した区域近くに存在すると思われる。

次に B_1 群 (CO_2) については、高原の T-4 ではガス量 $3 \text{ m}^3/\text{d}$ 、水量 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ であるので、ガス水比は悪い。また真幸町の吉田温泉でも、ほぼ同じような数値を示すに留まり、質的に優秀な CO_2 ガス群も、その産量は1坑あたり $3 \text{ m}^3/\text{d}$ 程度の微々たるものである。

B_2 群 (CO_2+N_2) の Y-3 はきわめてガス量が少なく、蓮太郎温泉でも $0.01\sim 1 \text{ m}^3/\text{d}$ 坑程度にすぎない。一方後者の水量は $100\sim 260 \text{ m}^3/\text{d}$ 坑もあるので、ガス水比はきわめて悪い。

B_3 群 (N_2+O_2) のガス量は、小林市街に近い K-26 においてガス量が最大で、ほぼ $1 \text{ m}^3/\text{d}$ 程度のガスが $\text{N}\times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ の水に伴ない、そのガス水比は $\text{N}\times 10^{-3}$ 程度である。すぐ近くにある K-27 でも、ガス水比はほぼ $\text{N}\times 10^{-4}$ と目測される。このほか K-31 ($\text{N}\times 10^{-4}$) や、高原町温泉 (T-10) にある湧水地の $V_g = \text{N}\times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $V_w = \text{N}\times 10^3\sim 10^4$ 、すなわちガス水比 $\text{N}\times 10^{-4}\sim 10^{-5}$ などが観測されたが、いずれもガス水比は $\text{N}\times 10^{-3}\sim 10^{-5}$ 内にある。

II. 5 地下水の性質と分布

前節においては、可燃性ガスと不燃性ガスを一括して述べたが、ここではガス附随水および表層地下水について述べ、温泉および鉱泉は次節に記述する。なお II. 7 において両者を総括する。

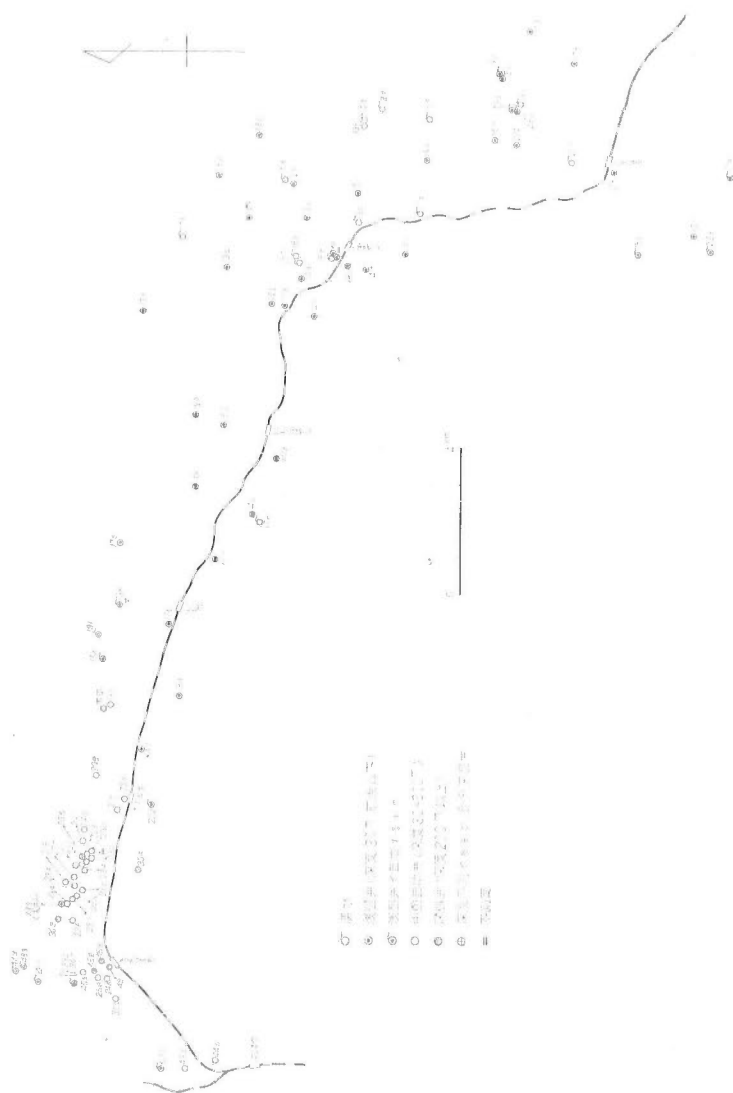
水温

第11図に水温の地域的分布を示したが、その特徴の1つは、加久藤村のガス附随水では、自噴井の坑口で大略 $20.0\sim 24.5^\circ\text{C}$ 間にあることである。加久藤以東の非自噴井の表層地下水においては、 $12.5\sim 18.0^\circ\text{C}$ 程度であつて、特別にその地域的な分布的特徴をうかがうことはできない。産ガス状況と水温の間にも大きな関連を求められない。

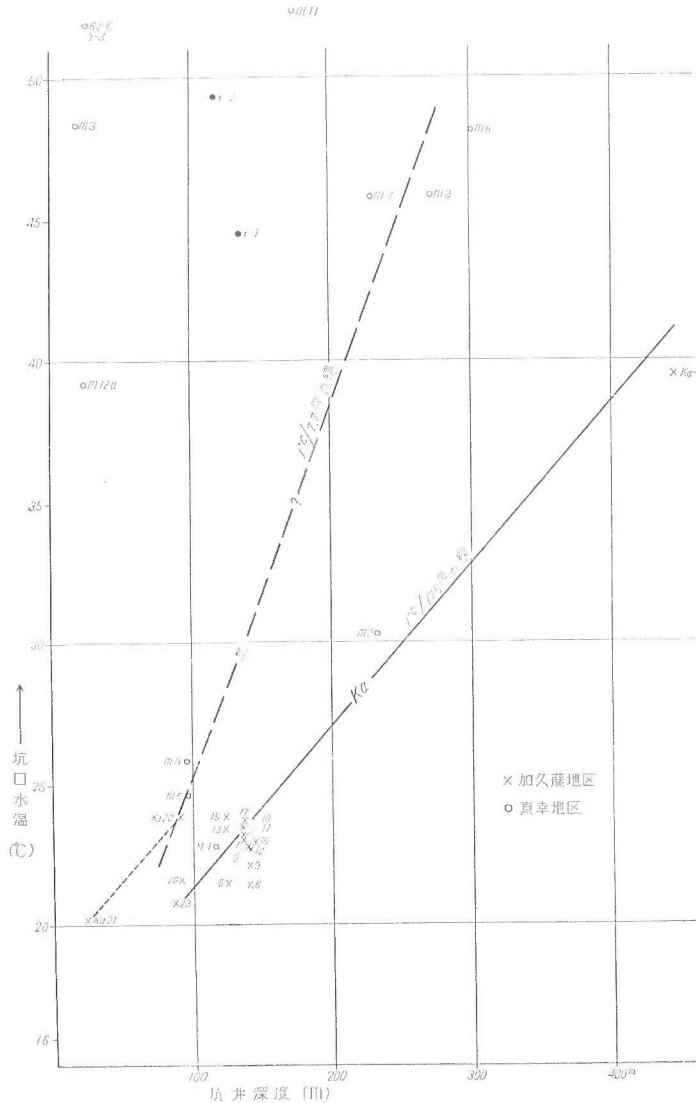
加久藤・真幸附近の自噴井深度と、坑口水温との関係を第12図に示した。これによると、加久藤では地表面における起点を 15.8°C 前後とし、大略地下増温率 $1^\circ\text{C}/17.5 \text{ m}$ の線に近い様子が見られる。真幸においては地下 100 m で大略 25°C 程度を起点とし、 $1^\circ\text{C}/7.7 \text{ m}$ の線上またはそれ以上の増温率を示す部分を占めるようである。これらについては、II. 6 で述べることにするが、たゞ京町内にある M-5、M-9 の両井が、同じ深度で加久藤にあるガス井よりも 4°C 位高温であることは、温泉地帯にあるガス井として注目してよい事実である。

加久藤地区の Ka-22 と Ka-21 の両井は例外であるが、ともに加久藤駅に近い南部に位して、特に高水温である原因については不明である。

Ka-3 は加久藤産ガス地帯にある深井戸の性格を示し、坑井深度は不明であるが、水温から



第11图 水温分布图(°C)

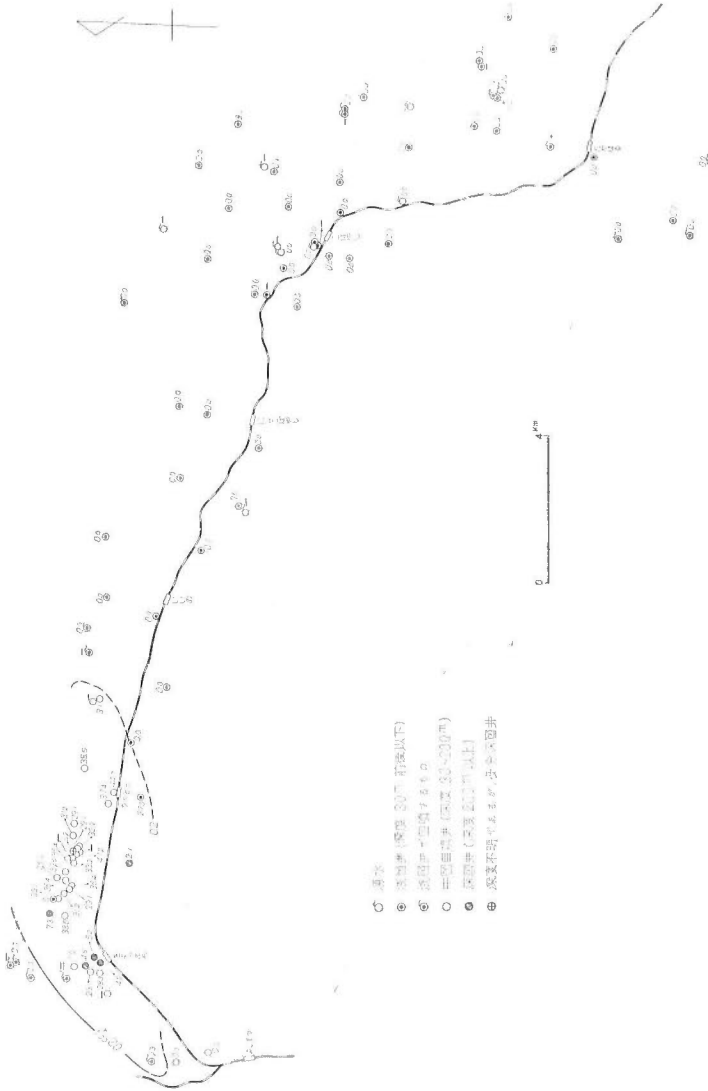


第12図 坑井深度と坑口水温との関係図

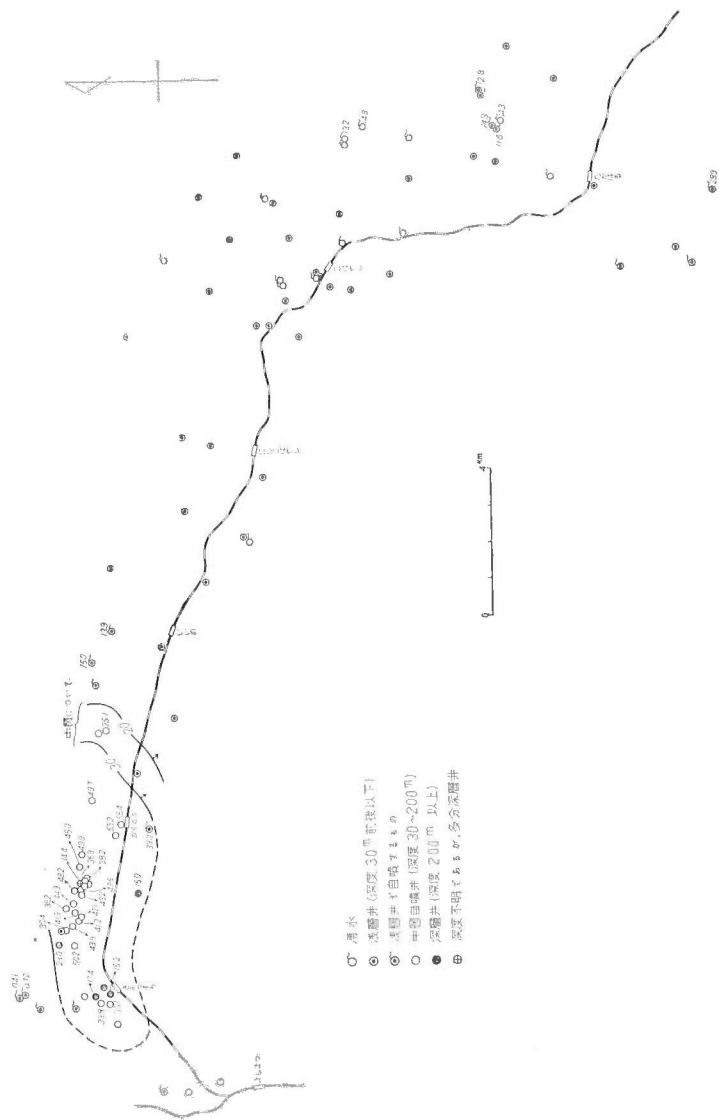
推定すると大略240mに相当するので、この坑井に関する解釈はこの数字に対応させて行っている。小林市・高原町附近にある湧水には、多量の水を流出しているものもあるし、その水温にも注意したが、ほとんども17.8~21.1°C（多くは $19^{\circ}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 位）を示していて、加久藤地区の平均増温率から推定すると、地下70m位まで達した温度に相当し、かえって、前述のKa-22とKa-21とを結んだ線上にのる傾向にあることは注目される（II. 7参照）。

水中溶存メタン（dis. CH_4 ）と水中溶存窒素（dis. N_2 ）

光学的干渉計によつて測定した水中溶存メタン量は、この度の分析の条件では、ほとんども0.2cc/l程度までの感度をもつていたと思うので、第13図ではその限界によつて等値線を求めてみた。この図の特徴は、溶存メタンが認められるのは加久藤盆地に限られることであつて、ガス井では、36~40 cc/l がみられるが、このほか西縁の吉松（Y-3）地区で、きわめて僅かの CH_4 量



第 13 図 dis. CH₄ (cc/l) 分布図 (干渉計による)



第 14 図 dis. $\text{CH}_4 + \text{N}_2$ (残) (cc/l) 分布図 (追出法による)

が測定されることは注意すべきことである。加久藤・飯野両駅の間以東では、全く CH_4 が測定に見られなかった。

第14図は水中溶存メタンに窒素を加えた量の分布を示したもので、 $\text{dis. CH}_4 + \text{N}_2$ から dis. CH_4 を差し引けば dis. N_2 量が算出される。この dis. N_2 量は、ガス田のポテンシャルを考えるとときに重要であり、また小林市附近にみられるような天然空気泡の産出を確認し、その成因を考えるとときに役立つ成分である。 $\text{dis. CH}_4 + \text{N}_2$ は、加久藤の産ガス地区においては、ほぼ 25 cc/l 以上あり、 dis. N_2 としては $4 \sim 5 \text{ cc/l}$ 位含む地下水が多い。

深度 200 m 以浅の井戸では、京町よりも加久藤に溶存ガスが多いのであるが、 200 m 以深の深井戸では、水温がかえつて西方の京町において高いにかゝらず、その附近に多いことは重要である。 200 m 以深で溶存ガスが最も多い処は、真幸町字島内 (M-2) 附近のように思われる。この事実は特に地質の部に述べられた堆積中心の移動と対応させたときに、ガス田の特徴として認めなければならないであろう (こゝでは京町の深井戸をガス井として取扱つた)。

小林盆地の湧水では、 dis. N_2 量は $13.2 \sim 14.8 \text{ cc/l}$ と測定され、ほぼ空気の水中溶解度に対応する N_2 溶解度よりは飽和に近い。おそらくこれらの湧水は、ごく僅かの CO_2 増加を行つてゐるが、火山活動からくる CO_2 と N_2 の供給を充分には受けていない湧水として扱つてよい証拠であろうと思われる。

重炭酸 (HCO_3^-)

次にメタン系天然ガスの産状とよく量的に関連をもつ HCO_3^- について特徴を求めてみる。

第15図に HCO_3^- の地域分布図を掲げた。まず加久藤産ガス地区では 200 mg/l を超え、多くの井戸では $300 \sim 400 \text{ mg/l}$ を示し、わが国の第四紀共水性ガス鉱床一般と同程度の値である。深度 200 m 以深 (深層) では、京町における $170 \sim 250 \text{ mg/l}$ が最も多く、島内 122 mg/l 、大滝原 107 mg/l 、湯田 98 mg/l と順次東方へ減少する。これに反して深度 200 m 以浅 (浅層・中層) 多くは $90 \sim 140 \text{ m}$ の井戸における HCO_3^- 量は、京町 ($250 \sim 300 \text{ mg/l}$) よりも加久藤 ($300 \sim 400 \text{ mg/l}$) の方が多く、上記と逆の関係にある。浅層地下水では西小林附近に少なく $25 \sim 50 \text{ mg/l}$ 位であり、また小林盆地においては北東部で 50 mg/l 以下で少なく、南西部に $55 \sim 100 \text{ mg/l}$ となりやや多く、分布上の特徴がある。この浅層水中の HCO_3^- 量の分布は、炭酸系温泉・鉱泉の分布状況と対応させる場合に、両者の間には一部においてなんらかの関連性があるように思われる。

遊離炭酸 (free CO_2)

free CO_2 は Na_2CO_3 規定液による滴定法で求めたが、その値の正しいことは、後述の全炭酸測定法の場合に検討した。第16図に地域的分布を示したが、産ガス地帯に多いことはわが国のほかのガス田と同様である。湯田附近のガス井では $20 \sim 40 \text{ mg/l}$ 程度を含み、深度 200 m 級の深井戸では、 $100 \sim 150 \text{ m}$ 級の井戸から産する水よりも free CO_2 が少ないことは、わが国各地のガス田における free CO_2 の資料と同様である。

小林盆地の湧水には、割合に free CO_2 が多く、その値は $10 \sim 20 \text{ mg/l}$ (ほぼ $5 \sim 10 \text{ cc/l CO}_2$) 程度であつて、これと共存するガス体中に CO_2 が $1 \sim 3\%$ 程度存在することと矛盾しない。湧水においても、明らかに地表水が侵入しているものには、free CO_2 は 5 mg/l 前後しか保有されていない。小林盆地の表層地下水中の free CO_2 の分布には、 HCO_3^- のような地域的特徴がない。

全炭酸 (total CO_2)

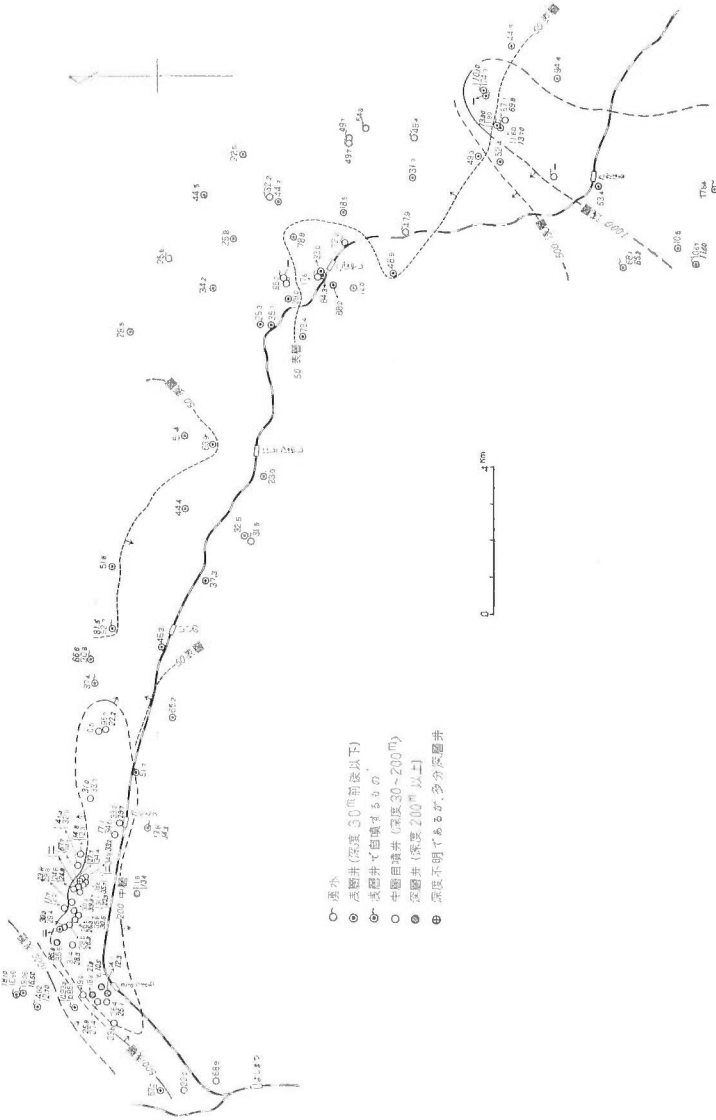
これは滴定で求めた HCO_3^- と free CO_2 とから測定算出するほかに、試料地下水を強硫酸酸性にして、これと Sn とで反応して生ずる H_2 ガスによつて CO_2 を $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液へ導き、HCl 規定液で逆滴定する方法で測定した。それぞれの数値は表に示されているようによく一致



第 15 図 HCO₃⁻ 分布図 (mg/l)



第 16 图 free CO₂ 分布图 (mg/l)

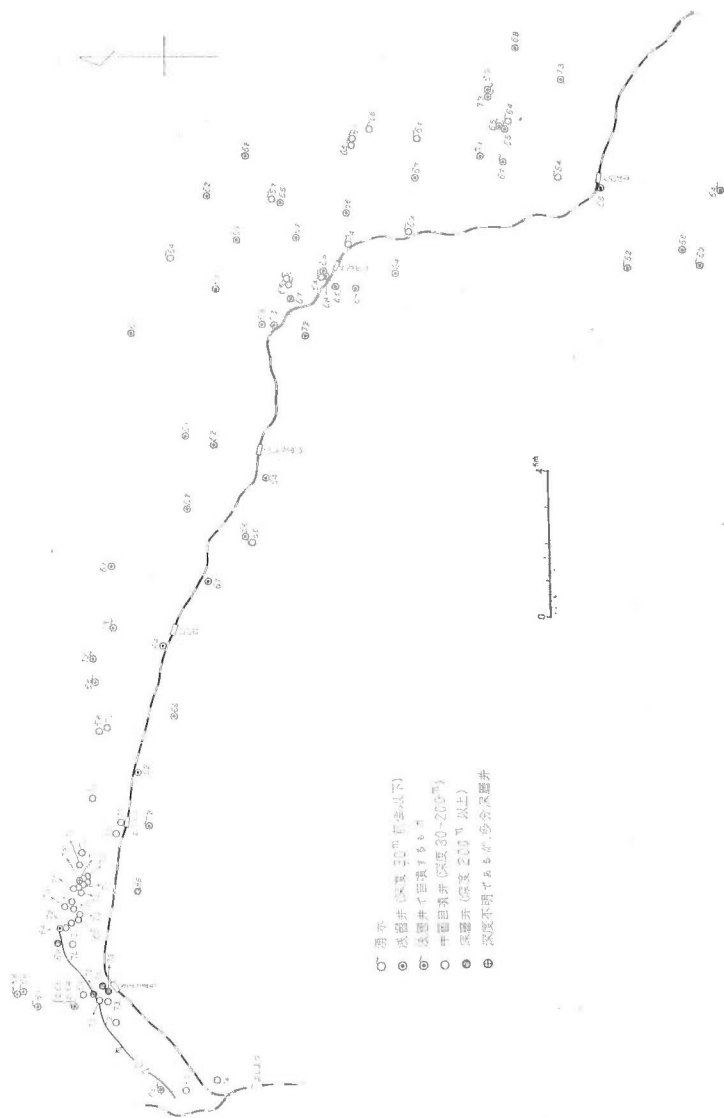


第17図 total CO₂ 分布図 (mg/l)

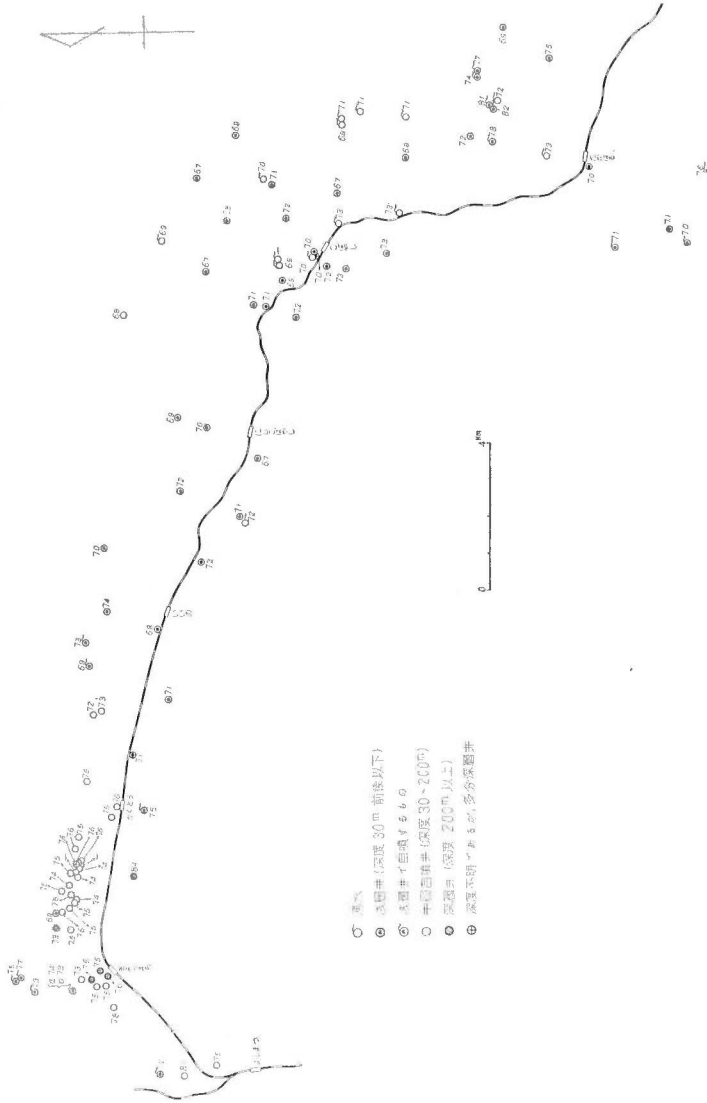
22.2.....滴定法
2.22(傾斜体).....通出法



第 18 图 NH_4^+ 分布图 (mg/l)



第 19 図 pH 分布图



第 20 図 RpH 分布图

している。第17図は total CO₂ の地域分布図である。産ガス地区では HCO₃⁻ も free CO₂ も多いから、当然 total CO₂ も最も多く、200 mg/l を超える。小林盆地の浅層地下水の分布では、HCO₃⁻ と同傾向がうかがえる。

アンモニヤ (NH₄⁺)

アンモニウム イオンは空気蒸留法で求めた値であるから、鉄などの妨害は排除されている。産ガス状況と水中の NH₄⁺ 量とは、一般の共水性ガス鉱床ではよく相関するが、その地域的分布を第18図に示す。200 m 以浅の産ガス井では 10mg/l 以上を示し、ほかの同様の産ガス状況を示すガス田と同じ傾向である。この深度にあつては、京町よりも加久藤の産ガス地域において NH₄⁺ 量が明らかに多い。一方 200m 以深の井戸では京町<島内<湯田のように分布している。吉松温泉の Y-3 では 8.25 mg/l を示し異常であるが、おそらくこの NH₄⁺ は水成岩中の有機物から誘導されたものと思われる。小林盆地の湧水中には痕跡ないし 0.1 mg/l 程度存在する。また表層地下水中でも NH₄⁺ はきわめて少ない。

水素イオン濃度 (pH) および RpH

双方とも比色法 (S. Z. K. による) で測定した。RpH は地下水と空気を平衡にしたときに示す pH 値である。第19図に pH、第20図に RpH の地域的分布を示す。加久藤のガス附随水では、pH は 7.0±0.1 程度でほとんど中性を示している。一方深井戸 (200 m+) ではそれよりやや値が大きく、7.2~7.3 程度である。西小林附近の火山灰中の表層地下水は、6.1~6.7 である。湧水では 6.4~6.7 程度で、やはりやや酸性側へかたよっている。第20図をみると、ガス附随水中の RpH は 7.4~7.6 位であり、深井戸でもその値は同じである。小林市附近で、火山灰中の水はほぼ中性の RpH を示しているし、湧水も中性ないし 7.3 程度で表層水と大差はない。このように pH、RpH の双方にわたつて、加久藤盆地内に明らかな地域差がでないということは地下水・ガス・岩石の間で、pH を左右する例えば HCO₃⁻、free CO₂、アルカリなどのバランスが成立する段階に達している証拠である。

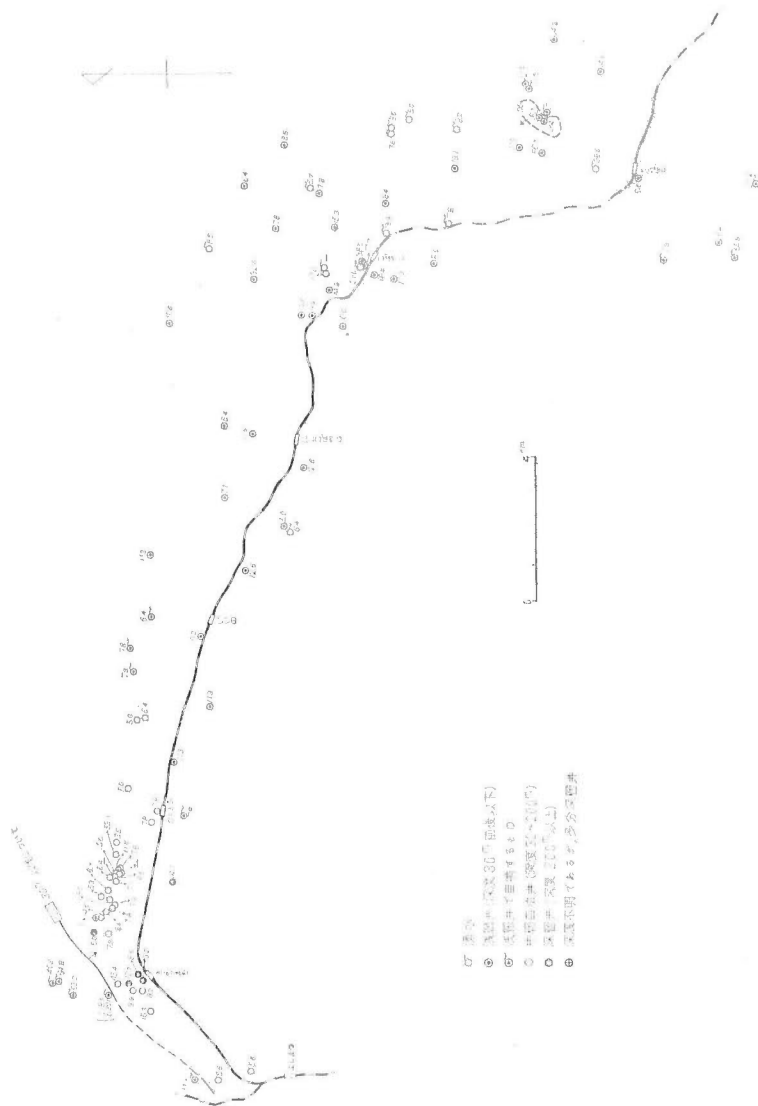
塩素 (Cl⁻)

モール氏法で求めた Cl⁻ の地域的分布図を第21図に示す。当地域の堆積岩のように、海中または汽水中で沈澱したものでないものなかに胚胎されるガスは、その産状が水中の Cl⁻ 量と相関することは期待できない。しかし当地域では、案外に火山活動の末期的産物である温泉と鉱泉の存在が多いので、その方面から供給される Cl⁻ を解かなければならないので、炭化水素を追跡する場合に、やはり重要視しなければならない。図で明らかなように、ガス附随水中では 6~8mg/l 程度で割合に少ない。加久藤村湯田にある 1 井では、53.1 mg/l が測定されているが、これはおそらく地表からの影響を受けたものであろう。深井戸は京町でも大藤原でも、200 m 以浅の井戸よりやや多いようである (8.5~14 mg/l)。このことは京町温泉の成因を考えると重要になつてくる (後述)。小林盆地の湧水には、17~28 mg/l 程度の Cl⁻ があつてやや多く、表層地下水は市街地のものを除くと 8 mg/l 位で少ない。市街地の水は人工的に汚染されるから論外である。

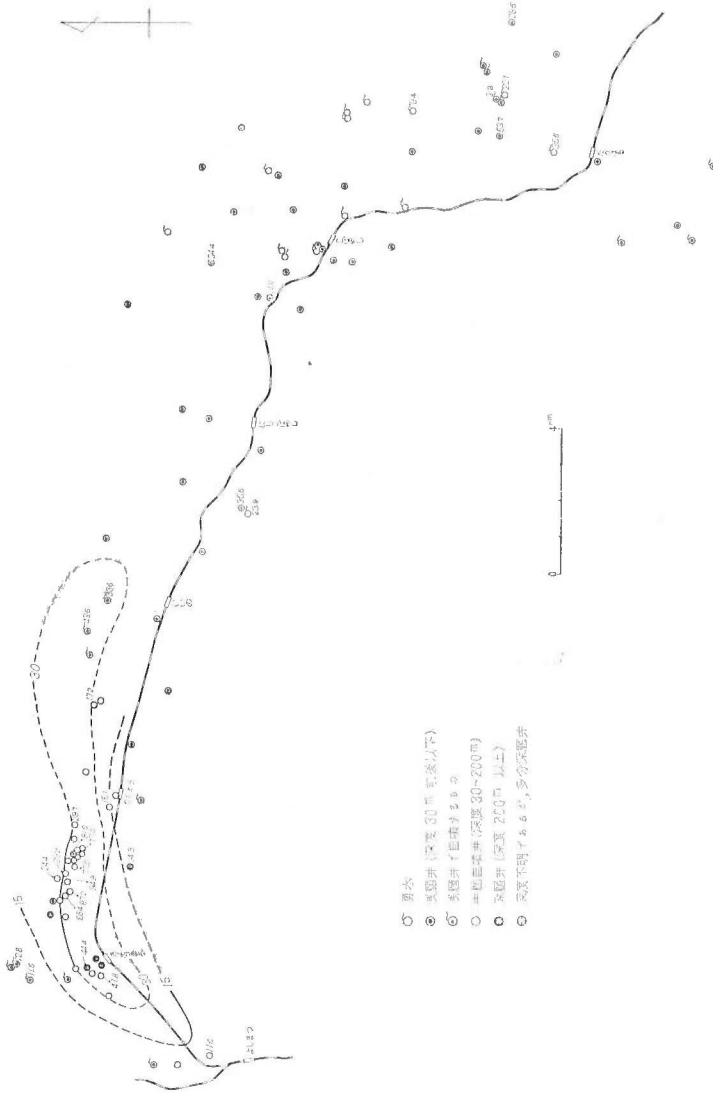
磷 (P)

モリブデン ブリユールによつて比色定量した。地域的分布は第22図に示されている。元来ガス附随水中には、 $N \times 10^{-1}$ mg/l 程度の P が一般的には含まれるものであるが、湖沼に堆積した地層中に保存される地下水に多い特徴がある。加久藤の産ガス附随水中には、ほぼ 1~5mg/l 含まれて割合に多い。小林盆地の湧水には 0.02 ないし痕跡程度あり、表層地下水には 0.00~0.02 mg/l 位である。加久藤盆地に発達する灰色泥岩中には、明らかに藍鉄鉱 (Vivianite) が多量に存在するものがあるから、地下水に P が多いこともうなずける。

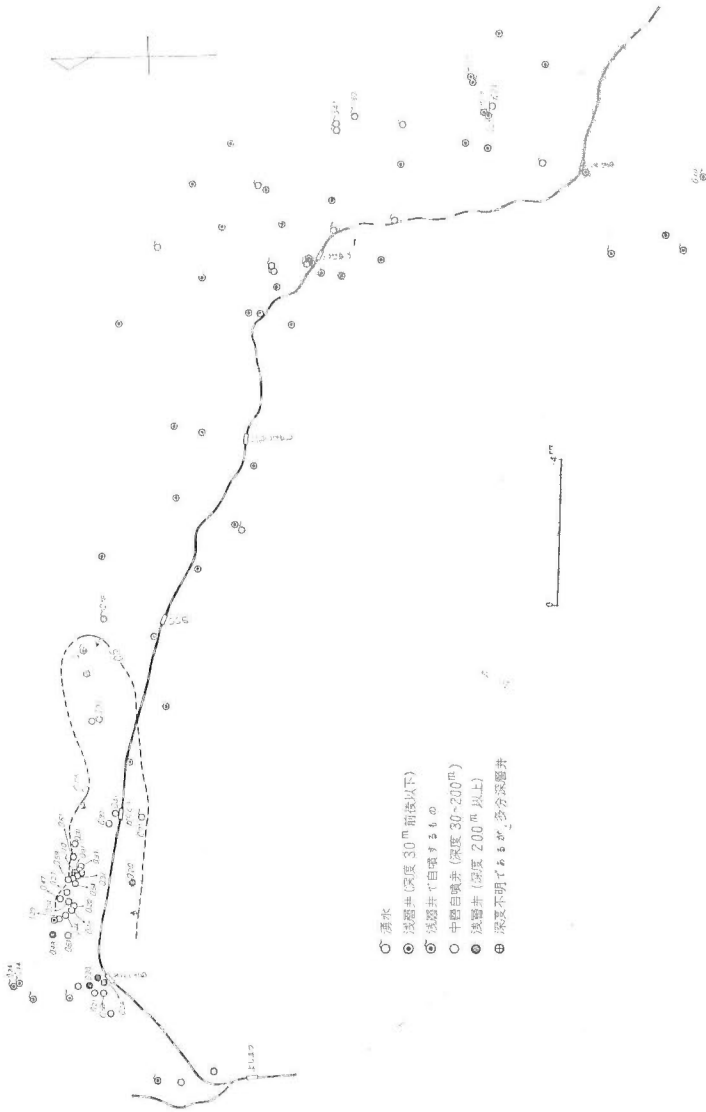
過マンガン酸カリ消費量 (KMnO₄ Cons.)



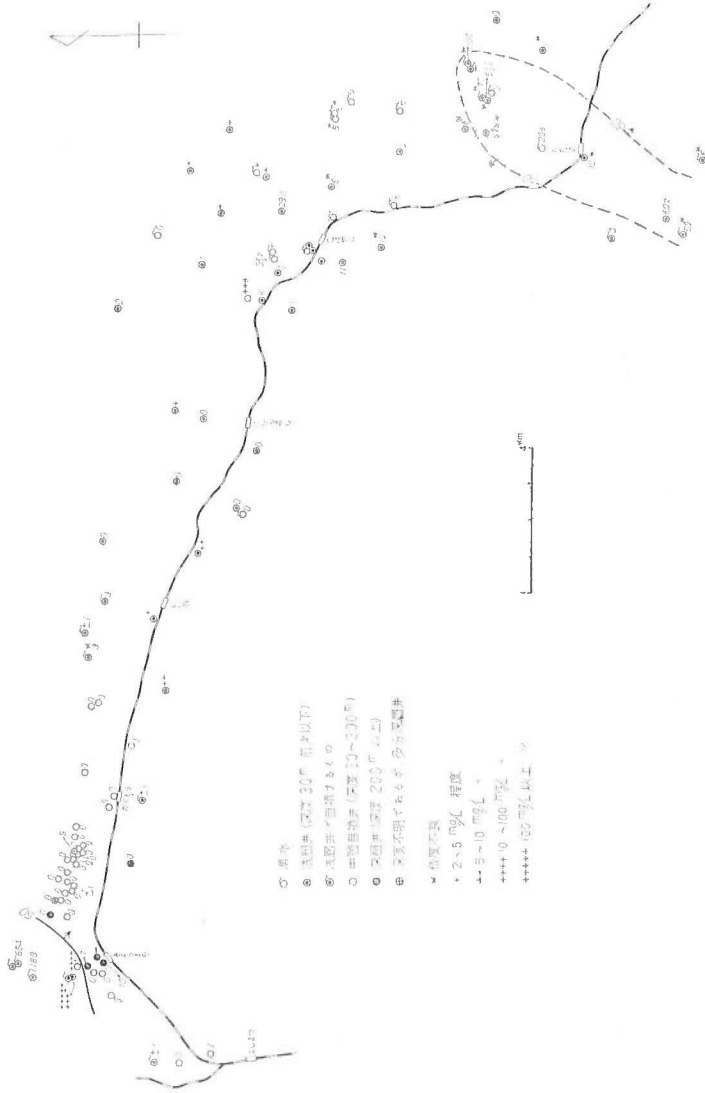
第21图 Cl⁻ 分布图 (mg/l)



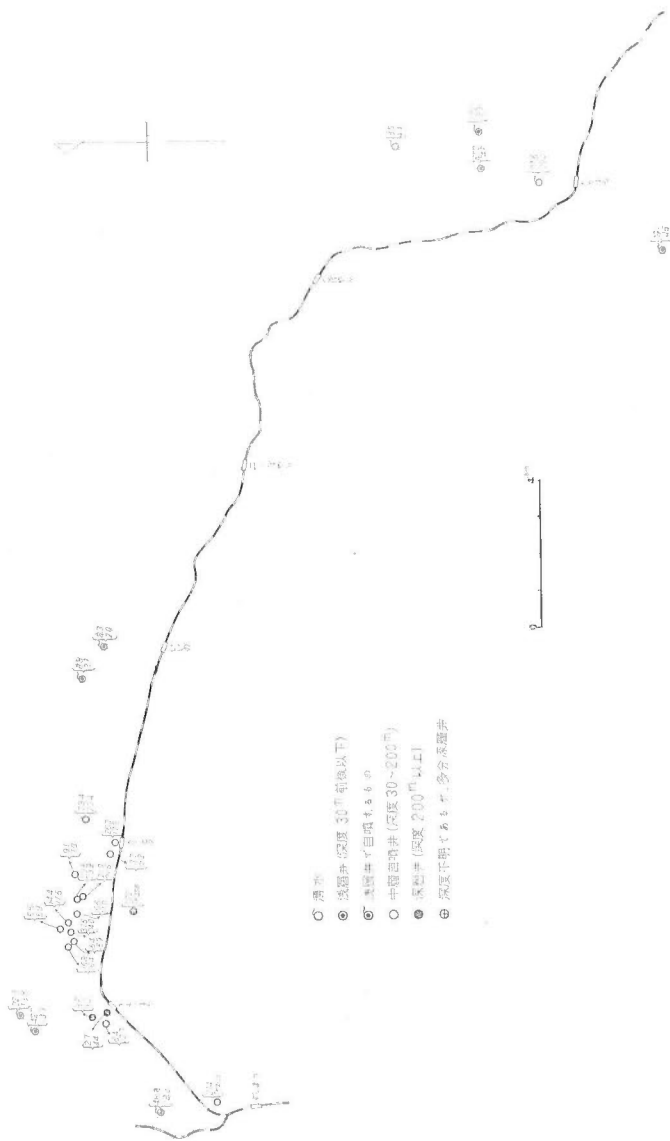
第 23 图 $KMnO_4$ Cons 分布图 (mg/L)



第 24 図 dis. O₂ 分布図 (cc/l)



第 25 图 SO₄²⁻ 分布图 (mg/l)



第 26 図 Ca++ および Mg++ 分布図 (mg/l)

水中の有機物量を間接的に指示すると考えられる数値として、 KMnO_4 Cons. を求めたのが第23図である。可燃性天然ガスは有機物の分解によつて生成されたと考えられるから、加久藤の産ガス地帯において、 30 mg/l という値を示すことは当然である。ガス附随水は淡黄緑褐色を呈し、その水色は可溶性有機物に原因すると考えられるが、湯田附近のガス井では $70 \sim 90 \text{ mg/l}$ KMnO_4 Cons. を示すものがあつて、ほかのガス田のガス量・水量などから推定した値とはゞ一致する。測点数が少ないので深度方向の変化はよく把握し得ないが、おそらく 200 m 以深では 30 mg/l 以下になるものと思われる。小林市街附近では、測点の関係ではつきりと特徴が認められないが、 $\text{mg/l} \sim 30 \text{ mg/l}$ 程度のように見受けられる。

水中溶存酸素 (dis. O_2)

名古屋大学理学部の方式によつて分析したので、精度ははゞ $0.05 \sim 0.1 \text{ cc/l}$ 程度はある。元米可燃性天然ガスは O_2 を欠き、ガス附随水中には dis. O_2 もきわめて少なく、 0.5 cc/l 以下である。ガス田周辺のきれいな地下水地帯の水では、 $2 \sim 8 \text{ cc/l}$ 程度の dis. O_2 を含むことがあり、dis. O_2 量によつてガスポテンシャルを推定しうる場合がある。第24図に dis. O_2 の地域的分布を示した。可燃性ガス地帯の水では $0.2 \sim 0.5 \text{ cc/l}$ であつて、その周辺の地下水中には 0.5 cc/l 以上の dis. O_2 が存在する。小林市の湧水は $3.5 \sim 6.3 \text{ cc/l}$ を示し、やゝ酸素消費のあとがみられる。dis. O_2 量から規定される加久藤ガス田は、やはりわが国のほかのガス田の中程度のポテンシャルを示すものに对应する。

硫酸イオン (SO_4^{--})

ガス附随水は還元性をもっているから、普通には SO_4^{--} を保有しない。しかし、温泉・鉱泉・地上の肥料などから SO_4^{--} が混入すれば、それ相応の特徴を示すので、 SO_4^{--} は重要視されなければならない。 SO_4^{--} は含ガス層に達すれば、普通 H_2S または FeS_2 などに還元され、ガス中・水中あるいは岩層中に保存される。したがつてガス組成中の H_2S は、水中の SO_4^{--} と常に連関させて考えをめぐらす必要がある。 SO_4^{--} の地域的分布を第25図に示した。この図は一見して大きな特徴を示している。すなわち、加久藤のガス附随水中では $0 \sim 1 \text{ mg/l}$ 程度であるのに、 200 m 以深の井戸では、京町と湯田において $7 \sim 10 \text{ mg/l}$ が測定されていることである。小林盆地の火山灰部の地下水には SO_4^{--} が存在せず、耕作地を通過した水が集まる市街地附近では、 $10 \sim 30 \text{ mg/l}$ ほど現われている。湧水中の SO_4^{--} は割合に多くて $35 \sim 40 \text{ mg/l}$ 位ある。これらの湧水は水温も高く、dis. O_2 も若干少なく、炭酸類が多いが、 SO_4^{--} が多量に存在することから、やはり完全な還元性を示すことができないもので、メタンガスを生成するほどの有機質岩が、この水に充分接触しない証拠である (II. 7 参照)。

カルシウムおよびマグネシウム (Ca^{++} , Mg^{++})

第26図に Ca^{++} と Mg^{++} の分布を示す。 Ca^{++} はガス附随水中に $15 \sim 40 \text{ mg/l}$ 、深層水 (200 m 以上) に $1 \sim 10 \text{ mg/l}$ 程度あり、高原町温谷ぬくんだにの湧水には 28 mg/l あつて割合に多い。 Mg^{++} は一般に Ca^{++} より少ないが、 $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ の値はガス附随水で平均 $1.1 \sim 1.2$ 程度になる。たゞ深層水では $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$ のようである。その相対関係には、そこに発達する岩石が大きく関係しているように見受けられる。

鉄 (Fe)

Fe は Fe^{II} と Fe^{III} に分けたが、還元性のガス附随水中にはたいてい Fe^{II} ではいつている。加久藤のガス井水では $1.5 \sim 4.5 \text{ mg/l}$ 程度の Fe^{II} と、 $0.5 \sim 0.00 \text{ mg/l}$ 位の Fe^{III} が測定された。これを全国のガス附随水中の Fe と比較するとやゝ量が少ないといえそうである。

II. 6 温泉と鉱泉

調査地域内には、坑口における水温が 25°C を超える水を自噴している坑井が、西部の吉松・

京町（前節で説明済の点が多い）・吉田・大溝原・島内などのほかに、東南部の小林市蓮太郎などに分布する。

鉱泉には特殊な成分を含有せず、たゞ昔からのいい伝えによつて地下水を利用しているものが、小林市を中心として相当にあるが、それらは今回の調査の鉱泉の部からは一応除外する。鉱泉の存在地域は蓮太郎温泉の南西と、すぐ東方の辻堂川に沿つた阿母平鉱泉（K-9, K-10）に限定される。

水温（第11図参照）

坑口水温の最高は吉松村般若寺（Y-3）の62℃であるが、多くは45±4℃位であつて、ほかの地域の温泉に較べると泉温は低く、蓮太郎温泉は30℃前後でさらに低い。鉱泉の温度は20±2℃位のものが多い。さて西方の地域における坑井深度と坑口水温との関係は第12図に示されるように、京町附近では1℃/7.7m前後の割合で、深度に応じて水温が上昇する。吉松地区や吉田温泉などでは、深度に較べて水温が高い特徴がある。

dis. CH₄ と dis. N₂（第13・14図参照）

西部の温泉については、吉田温泉の dis. N₂ 0.4~0.7 cc/l 以外のことは前節で述べたので省略する。蓮太郎温泉では dis. CH₄ 0.0 cc/l であるが、dis. N₂ はほぼ11.6~14.3 cc/l あり、そのなかの14.3 cc/l という値は、すぐそばの湧水（T-2）と同じであることは注目すべきである。

南部の鉱泉水については dis. CH₄ は全く認められず、かつ dis. N₂ は2.89 cc/l で非常に少ない。このことはおそらく鉱泉の成立上注目すべき事項であろう。

HCO₃⁻（第15図参照）

京町温泉については先に述べた。吉田温泉は炭酸泉であるので、1,800~2,000 mg/l を有する。しかし吉松温泉では100 mg/l 以下で対症的な値を示している。蓮太郎温泉は1,400 mg/l 前後を、また高原の鉱泉群はいずれも400~1,600 mg/l 程度を示していて、炭酸系鉱泉であることを明示している。

free CO₂（第16図参照）

吉田温泉は300 mg/l 程度の free CO₂ をもつが、吉松では3~13 mg/l にすぎない。京町附近の温泉はガス附随水的性格の水であるので、深度からいつても free CO₂ の少ないことはうなずける。一方蓮太郎温泉では150~180 mg/l で割合に多い。鉱泉中には、南部の地区にあるものでは400~600 mg/l（200~300 cc/l）のCO₂ をもっているものがあつて、最高を示している。これは水温とCO₂の溶解度から当然考えられることである。

NH₄⁺（第18図参照）

吉田温泉では割合に多く1.5~1.8 mg/l を示している。その南にあるM-3は泥岩部から流出している温泉であるので、一応3.2 mg/l という値はうなずける。吉松の温泉は痕跡ないし1.3 mg/l 程度を示しているが、これも水成岩との窒素授受の可能性が大きい。小林市蓮太郎温泉は水量も大きく、泥質の堆積岩と接しない水であるが、そこでは果して0.10~0.13 mg/l で前述の温泉よりも少なく、すぐそばにある湧水の値0.1 mg/l とよく似ている。高原町の鉱泉中には流量の少ないものや、明らかに水田と連絡しているような鉱泉もあるが、一応0.1~0.44 mg/l である。この0.44 mg/l の値（T-4）は、多分に水田からのNH₄⁺供給のおそれのあるものである。したがつて一応高原附近の鉱泉水中のNH₄⁺は、0.10~0.13 mg/l と考えてよさそうである。有機質堆積岩を通過しない水は、このようにNH₄⁺が少ないのであろう。

pH および RpH（第19・20図参照）

CO₂の多い吉田温泉ではpH=6.6~6.8であり、吉松のY-3も6.5を示しているが、その南にある吉松南部から京町を経て大溝原に至る地区では、7.3~8.6で弱アルカリ性である。蓮太郎鉱泉は水温が低いだけにpH=6.5を示す。高原の鉱泉群は6.0~6.9を示している。RpH

はいずれも中性ないし弱アルカリ性を示している。

Cl⁻ (第21図参照)

調査地域内の含ガス水は、Cl⁻について特に注目すべき点として、その量がきわめて少なかったことであるが、これに反して、当地域の温泉水はCl⁻に富んでいるものがあることに特徴がある。まず温泉をCl⁻含有量で大別すると、

$$\text{温 泉} \begin{cases} \text{a} & \text{Cl}^- > 500 \text{ mg/l} \\ \text{b} & 100 \text{ mg/l} < \text{Cl}^- < 300 \text{ mg/l} \\ \text{c} & \text{Cl}^- < 50 \text{ mg/l} \end{cases}$$

となる。そのうちaには吉田温泉；bには般若寺・蓮太郎，cには吉松南部→京町→大溝原がそれぞれ属する。このうちaとbとの関係は、ほぼ南北または南九州の一般地質の方向である北東—南西に直角な方向に移り変わっているようである。cはガス附随水的な性格の温泉水である。高原鉱泉群には阿母平 (K-9) の94mg/lを最大とし、8 mg/lまで種々である。一般にCO₂とCl⁻とは成因的に結びついているものと推察される。

p (第22図参照)

pの量は痕跡ないし0.75 mg/l程度である。吉田温泉では割合に多く0.5 mg/lあるが、ガス附随水的な京町温泉水でも0.75 mg/l程度である。鉱泉中には0.1 mg/lを超える例がない。

KMnO₄ Cons (第23図参照)

吉田温泉では割合大きく12 mg/lを示す。この数値はガス附随水的な温泉の約1/2～1/4程度である。蓮太郎温泉では3 mg/lで、附近の湧水が22mg/lであるので、かえって浅層地下水中に有機物の含量が多いように見受けられる。

dis. O₂ (第24図参照)

温泉水・鉱泉水は元来地下からくるものであるから、dis. O₂は少ないのが普通である。当地域のものはいずれも0.5 cc/l以下であった。吉田温泉では、試料採取の場合に2口注射器から若干の空気が混入したおそれもあるので、ほぼ0.2 cc/lであり、蓮太郎温泉も0.2 cc/lでよく数値が一致している。この数値からしても、本節で論じている温泉・鉱泉は、dis. O₂から判定すれば還元的性格を示すといえる。

SO₄²⁻ (第25図参照)

SO₄²⁻は興味のある分布を示す。まず

$$\text{温 泉} \begin{cases} \text{a} & \text{SO}_4^{2-} < 50 \text{ mg/l} \\ \text{b} & 5 \text{ mg/l} < \text{SO}_4^{2-} < 10 \text{ mg/l} \\ \text{c} & \text{SO}_4^{2-} < 5 \text{ mg/l} \end{cases}$$

に分けると、aには吉田温泉 (最高1,183 mg/l) と蓮太郎温泉が、bには京町の深井戸 (200 m以上) 温泉が、cには吉松・大溝原・京町の200 m以浅の温泉がそれぞれ属する。高原鉱泉群では、T-5からK-9を結ぶ方向に狭い50 mg/l < SO₄²⁻の地帯があり、その北西と南東にはきわめてSO₄²⁻が少ない。

Ca⁺⁺ および Mg⁺⁺ (第26図参照)

CO₂の多い水は一般にCa⁺⁺とMg⁺⁺に富むものである。吉田温泉はCa⁺⁺220～430 mg/l, Mg⁺⁺140 mg/lを示して最も多く、般若寺ではCa⁺⁺50mg/l, Mg⁺⁺18 mg/lである。蓮太郎温泉はCa⁺⁺122 Mg/lでMg⁺⁺はそれよりも多い157 mg/lであるのは、ほかの地区のCa⁺⁺>Mgと較べて注目される。京町附近の温泉にはCa⁺⁺<10 mg/l, Mg⁺⁺<15mg/lとなつている。

Fe (第2～7表参照)

大溝原 (Ka-1) や京町の深層温泉水はFeが少なく、1 mg/lを超えない。たゞ京町の中層温泉 (M-3) ではFeが顕著で2.5 mg/lに達する。蓮太郎温泉は痕跡程度のFeをもつにすぎ

ない。もちろん大部分の Fe は Fe^{2+} である。鉱泉のなか (T-4) には 7 mg/l に達する Fe を含むものもある。附近に溶解されるべき Fe が存在すれば、 CO_2 に富んだ水は当然その溶解能力が大きいので、Fe は温泉・鉱泉中にはいつてくるべきであるので、特に Fe 量の少ない炭酸泉は地質学的に注目の要がある。

II. 7 地下水の総括

以上 II. 5・II. 6 で述べた地下水のなかで、自噴井水についてみると、西部地域に関しては加久藤盆地の含ガス水と、これに侵入していく酸素を含有した清水および温泉水とに分けられる。一方東部の小林盆地では、温泉水・鉱泉水および酸素を多量にもつた湧水に分けられる。

加久藤盆地の含ガス水は、わが国各地の第四紀層から産する同種の水と全く異ならない性質を示しているので、こゝには詳細に述べない。たゞ種々の測定値から、ガス田の中心は加久藤村湯田一島内の間であると推定されることだけを記しておく。

調査地域内の温泉に関する資料を一括してみると、第 8 表のようになる。すなわち温泉を大別すると、京町で代表されるガス附随水的温泉と、炭酸に富んだ温泉・鉱泉とである。前者は

第 8 表 温泉・鉱泉特徴一覧表

	SO_4^{--}	Ca^{++}	Cl^-	pH	NH_4^+	free CO_2	HCO_3^-	Gas. 成分
吉田温泉	卍	卍	卍	小	+	卍	卍	B_1, B_2
吉松南部	+	+	+	大	+	+	+	?
吉松北部	+	+	卍	小	卍	+	+	B_2
京町深井	+	+	卍	大	+	+	卍	A
京町浅井	+	+	+	大	卍	+	卍	A
蓮太郎	卍	卍	卍	小	+	卍	卍	B_2
鉱泉	下 6, 4		卍	小	+	卍	卍	?
	その他	卍	+	卍	+	卍	卍	B_1

一般に深度が大きな地下から産し、西部地区では南半を占める。いまや詳しく京町温泉の資料を調べると、そこでは地下増温率は深度とよく関連するらしく、深層水には浅層水よりも、 SO_4^{--} と Cl^- が多い。もしも京町の深層水が、吉田温泉のような水質のものと同様とすれば、当然 SO_4^{--} と Cl^- の増加は期待されなければならない。地域的には、現状ではより浅層から湧出していると観察される吉田温泉で代表される温泉が、京町の現在の温泉層の下位に存在するのかもしれない。

小林市の蓮太郎温泉は、その水の成分と産状から、炭酸源泉に地表から侵入した地下水が加わったものと考えられる。また高原鉱泉群は上記の炭酸温泉よりも衰えた後火山作用によつて、形成されたものであろう。こうすると、蓮太郎温泉成立の地質条件の研究は、小林盆地に関する温泉調査の出発点であると考えられる。

小林市附近の湧水は、その水温のやゝ高いこと、 CO_2 、 Cl^- の多いことなどから、地下水にごく僅かの後火山作用による化学成分の供給があつたのではないかと考えなければならないであろう。この湧水は気泡を伴うが、これはおそらく地下水が地下に侵入する場合の気温と、湧出口における水温の差による気体の水に対する溶解度の差、およびほかから加えられたガス体（例えば CO_2 ）や溶解塩類の増加、湧水口における水圧の急激な減少、などが原因となつてできたものであろう。

表層地下水は人家の稠密でない地域における測定値によつて、火山灰中を通る地下水の特徴の一端を知ることができたが、これは直接本論に関係がない。

II. 8 経済的にみたガス鉱床

可燃性天然ガスの確定埋蔵区域は、加久藤村島内・湯田付近を中心とする東西約 8 km、南北約 2 km、面積約 15 km² の範囲である。含ガス層の深度は地表下 80~150 m 程度にある。

いまかりに、次の数字で推定飽和埋蔵量 (V) を算出してみよう。すなわち、

埋蔵面積	15 km ²
含ガス層深度	80~150 m
有効含砂率	40%
有効孔隙率	25%
平均ガス水比	1 : 4 (0.25)

とすれば、V は 26, 250, 000 m³ となる。この値は、最も希望的にとつた上記各項目の数字から導いたものであるから、大略の推定飽和埋蔵量として、

$$N \times 10^6 \sim 10^7 \text{m}^3$$

として表現すべきであろう。さてこの数字は、わが国各地に散在する小規模なガス田のそれとほぼ同じである。たゞ経済面から加久藤ガス田をみる場合に、揚水量のあまり大きくないことは何としても不利な点である。この種の共水性ガス鉱床では、1 坑あたりの揚水量を増加できるだけの含ガス層の滲透率がないと、経済的な価値が甚だしく減ずる。適正な仕上げを行つたガス井による各種の採ガス資料がなければ、最終的な経済判定を行うことはできない。

吉田温泉や小林盆地南部にみられる CO₂ ガスは、その量がきわめて少なく、現在これを開發して CO₂ ガスの鉱業を軌道に乗せることは、まず考えられないことである。

小林盆地内には、メタン系天然ガス鉱床の存在は、地化学調査資料からは全く考えられない。

II. 9 今後の調査・研究等に関する問題

加久藤ガス田については、地下地質資料を採ると同時に、適正に仕上げられた採ガス井によつて試験を行い、最終的なガス田の価値を判断するための資料を採る必要があろう。

京町温泉は、ガス附随水として一応説明できるが、その熱源の問題を解くためと温泉保護の双方から、やはりコア一掘による地質的、地化学的研究や、地球物理学的研究を進めるべきものとする。この場合には、吉田温泉や吉松温泉をも含めたより詳細な調査を行うべきで、広区域にわたる温泉のポテンシャルや、温泉井の相互干渉の問題等を解く必要がある。

小林附近では、可燃性ガス鉱床の存在はまず望めないから、温泉・鉱泉の調査を積極的にすすめて、CO₂ ガスあるいは温泉・鉱泉そのものの再検討を行う価値はあると考える。ことに蓮太郎温泉成立の地質的、地化学的研究調査は、学術的にも興味深いものとして注目したい。

文 献

- 1) 伊田 一善：南九州の天然ガスと地質について、石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 2) 伊田 一善：宮崎県加久藤天然ガス地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 2, No. 3, 1951
- 3) 首藤 次男：宮崎層群の地史学的研究，九州大学理学部研究報告，地質学之部，Vol. 4 No. 1, 1952
- 4) 伊田 一善：宮崎青島間天然ガス地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 5, No. 2, 1954
- 5) 伊田 一善：鹿児島県敷根天然ガス調査報告，地質調査所月報，Vol. 1, No. 2, 1950
- 6) Endo, S. : Apleistocene Flora from Kagoshima, Kyūshū, Japan, Jour. Geol. Soc., Vol. 46, 1939

Natural Gas in the Vicinity of Kobayashi, Southern Kyūshū

By

Kazuyoshi Ida, Kōji Motojima &
Noboru Yasukuni

Abstract

Geology

1) The youngest Cenozoic formations—Kirishima volcanics, Kakutō group, and Shiratori formation in ascending order—are distributed on the basement of “Mesozoic” sandstone and shale, and are covered by terrace gravel beds and pyroclastic brown soil of Hyūga formation.

2) Some parts of the Kakutō group and the Shiratori formation contain clay, diatomite, sand and tuff, which are considered to be lake deposits.

3) The lake was 8 to 15 km in length, and shifted gradually from the west to the east in the Kakutō basin during the geological ages. (Fig. 3)

The thickest deposit in the Kakutō group that was deposited at the center of the lake in older stage is situated in Kyōmachi-Yuda area and reserves combustible natural gas. Distribution of incombustible gas shows no relation with those of the lake deposits.

4) Disturbance of the natural gas deposits in the area are caused by arenaceous fan deposits or by geomorphological features. Natural gas accumulations were protected only at Kyōmachi-Yuda area by the favourable character of sediments, and the strongly folded structures are observed locally in the southern area.

5) In Kobayashi the retainer of natural gas is developed poorly, while its destroyer covers entire area of the basin.

Geochemistry

1) Natural gas accumulation in Kakutō basin belongs geochemically to the usual lacustrine type in the country and contains the hydrocarbons of methane series with water.

2) Kakutō gas field occupies the area of about 8 km long and about 2 km wide. Gas reservoirs are limited from 80 to 150 m in depth.

3) Gas contains CH₄ 65~80%, N₂ 18~32% and CO₂ 0.9~4%. Production in a well is 5.7m³/day at maximum. The general character of water in gas wells are as follows:

Colour slightly olive yellow; Temp. 21~24°C; pH 7.0±; RpH 7.4~7.6; HCO₃⁻ 160~440 mg/l; free CO₂ 6~40 cc/l; total CO₂ 60~220 cc/l; dis. O₂ 0.2~0.6 cc/l; CH₄+N₂ 38~50 cc/l; Cl⁻ 5~9 mg/l; NO₃⁻ 0.00 mg/l; and Fe⁺ 1.2~4.5 mg/l; P 0.2~2 mg/l.

4) Bubbles in the spring water in Kobayashi and its suburbs are the air or CO₂ with nitrogen in chemical component.

5) The groundwater in Kobayashi, though the depth is shallow, contains

less amount of soluble matters than in the gas-bearing water in Kakutō basin.

6) There are carbon dioxide springs in northwestern part of Kakutō basin or southern part of Kobayashi basin, the latter contains a small amount of SO_4^{--} and Cl^- , relating to the volcanic action of Kirishima volcano.

Water in the simple hot springs in the western part of Kakutō basin is somewhat alike a heated gas-bearing water on consideration of its character.

7) The total gas reserve estimated by saturation method is approximately in the order of 10^6 or 10^7 m³.

The Geological Survey of Japan has published in the past several kinds of reports such as the Memorirs, the Bulletin, and the Report of the Geological Survey.

Hereafter all reports will be published exclusively in the Report of the Geological Survey of Japan. The Report will be consecutive to the numbers of the Report of the Imperial Geological Survey of Japan hitherto published. As a general rule each issue of the Report will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- A. Geology & allied sciences
 - a. Geology
 - b. Petrology and Mineralogy
 - c. Palaeontology
 - d. Volcanology
 - e. Geophysics
 - f. Geochemistry
- B. Applied geology
 - a. Ore deposits
 - b. Coal
 - c. Petroleum and Natural Gas
 - d. Underground water
 - e. Agricultural geology
Engineering geology
 - f. Physical prospecting
Chemical prospecting & Boring
- C. Miscellaneous
- D. Annual Report of Progress

Note: In addition to the regularly printed Reports, the Geological Survey is newly going to circulate "Bulletin of the Geological Survey of Japan," which will be published monthly commencing in July 1950.

本所刊行の報文類の種目には従来地質要報・地質調査所報告等があつたが、今後はすべて刊行する報文は地質調査所報告に収めることとし、その番号は従来の地質調査所報告を追つて附けることにする。そして報告は1報文につき報告1冊を原則とし、その分類の便宜のために、次の如くアルファベットによる略号を附けることにする。

- A 地質およびその基礎科学に関するもの
 - a. 地質
 - b. 岩石・鉱物
 - c. 古生物
 - d. 火山・温泉
 - e. 地球物理
 - f. 地球化学

- B 応用地質に関するもの
 - a. 鉱床
 - b. 石炭
 - c. 石油・天然ガス
 - d. 地下水
 - e. 農林地質・土地地質
 - f. 物理探鉱・化学探鉱および試錐

- C その他
- D 事業報告

なお刊行する報文以外に、当分の間報文を謄写して配布したものに地下資源調査所速報があつたが、今後は地質調査所月報として第1号より刊行する。

昭和 31 年 3 月 20 日印刷

昭和 31 年 3 月 25 日発行

著作権所有 工業技術院
地質調査所

印刷者 田 中 春 美

印刷所 田中幸和堂印刷所

附図印刷 仙葉印刷株式会社

REPORT No. 168

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Katsu KANERO, Director

**NATURAL GAS IN THE
VICINITY OF KOBAYASHI,
SOUTHERN KYUSHU**

by

**Kazuyoshi IDA, Koji MOTOJIMA &
Noboru YASUKUNI**

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

1956