謝意を表すと共に、御督勵贈つた臺長岡田博士、終始御鞭撻下さつた前天測主任畠山技師、現主任川畑幸夫理學士に厚く御禮申上げる。尙附圖の一部は岡順二氏の手を煩はした。こゝに謝意を表す。

追記 銀盤又は Ångström の觀測の出来る日は割合天氣の良い日で太陽附近及び天空には雲は少いが、それでも尙いくらかの雲もあつたであらう。中野猿人博士の御注意の通りこの爲雲から来る輻射量が Robitzsch 日射計の誤差をなす事は考へられる。こゝに追記して同氏の御注意に感謝する。

徳島縣江川に於ける水温異常及び瓦斯噴出に就いて*

朝比奈貞一、渡邊正之

江川の位置

江川は徳島市の西方約 20 km 餘の、西麻植驛（徳島本線の一驛）の北東 400 m、徳島縣阿波郡柿島村字知恵島の江川遊園地の西端に源を發し、同遊園地を西より東に横切り吉野川の右岸（南側）堤防と鐵道徳島本線との間を東流し、所々伏流となつて斷續すること約 80 km に及び遂に吉野川本流に合する小流であつて⁽¹⁾、主として湧出水によつてのみ涵養せられてゐる。（第 1 圖及第 2 圖参照）。

江川の生成

徳島高等女學校教諭吉田巖氏の調査によれば江川はもと吉野川の本流に當つて居たのであるが、

第 1 圖 江川の全貌

* T. Asahina and M. Watanabe, Anomalous Variation of Water Temperature and Evolution of Gas at Ye-gawa, Tokushima Prefecture, Japan. 中央氣象臺彙報.

(1) 昭和 13 年 4 月 7 日附現在鴨島驛附近に於て幅及深さ夫々約 30 m 及び 3 m の大きさである。附記参照

流路は次第に北方に移動し江川の
 水は何時しか減少し、兩者の中間
 に境界を生じた。斯く江川は本流
 と分離し出水時のみ堰を越して水
 の溢入する廢川と化した。當時は
 今日の如き異常現象などは認めら
 れなかつたといふ。然るに明治 20
 年頃の大洪水に際し、江川と吉野
 川との境界は流失し現在の遊園地
 の西方一帯は深淵となり、江川は
 再び吉野川本流となり、帆船來往するに至つたといふ。斯くて吉野川の南遷によつて同地方は屢々
 水害を蒙るに至つたので、江川上流に發生した深淵を埋め本流を北上せしめたが、其後に於て吉野
 川の大改修工事によつて現在の様な堤防を築き江川は全く本流と分離するに至つたといふ、此の年
 代は不詳であるが、目下調査中であつて、文献によつて明になることと思はれる、江川に於ける異
 常現象は深淵を埋め、吉野川の水を北流せしめたる以後に發生したといふことは俚人により異口同
 音に言ひ傳へられてゐる所である

第 2 圖 江 川 附 近

異常現象, (水温の異常變化と瓦斯の週期的發生)

江川に於てはその上流西端より數百米 (約 400 m) 内の河底各所より盛に湧水し、此の湧水は上
 流程甚だしく水源地と稱せられる第 2 圖 A 點及び之に隣接せる徳島縣水産試験場江川養鱒池 B
 點等殊に顯著である。而して之等の部分に於ては冬期気温 $3\sim 4^{\circ}$ を示す頃、水温は 20° 以上に昇り
 寒風に曝され乍ら手を水中に入れる時は恰も温湯の如く感じ所々微に湯氣を發生し水底より氣泡を
 放出する。此の時期には水中の魚類は活潑に游泳し、藻類は繁茂し、水蓮も開花して冬の世界に居
 乍らにして夏景色を見るやうである。之に反して夏期には冬と全く趣を異にし、気温 30° に昇る
 日にも水温 10° 以下を示し、氣泡の放出は夏期に向ふに従ひ次第に衰へて全く放出せざるに至る。
 而して此の時期には水蓮等は全く枯れ、水中の鯉、真鯉、鮎、鱒等は水底に潜み運動甚しく不活
 潑となる。冬の朝夕、寒氣甚しき頃水面一帯は霧立ち籠め十數米の對岸すら見えざることあり、夏
 も類似の現象を惹起することありといふ、之等の異常現象について觀測した具體的の事項を次に述
 べる。

1. 水温の異常 上述せる江川の水溫の異常は徳島縣水産試験場技師野口氏により發見せられた
 ものであつて第 3 圖に示す水温は徳島縣紅鱒試験池詰の佐藤氏が毎日觀測したものである。之に
 よれば、夏期 7~8 月の頃、水温最も低く、最低 9° 位に下り、冬期 12 月~1 月に最も高く最高

第 3 圖 (1) 江川水温 (毎日 10 時観測)

第 3 圖 (2) 江川水温 (毎日 10 時観測)

22° 強に昇り 4 月下旬頃と 10 月上旬に気温と大差ないやうになる。⁽¹⁾此の水温の年変化は徳島の地中 5m 或は 7m の温度と傾向は類似してゐるが、地下 7m の年較差 2~3° 以内であるのに反し、江川の湧水温度は年較差 13° にも及んでゐる。元來地下水の温度は年変化の極めて僅少であるのが常なるに、江川の如く 10° 以上に及ぶものはその現象稀なるものと認められ、異常現象と名付けた次第である。

以上は水源附近に於ける水温の変化であるが、下流に進むに従ひ水温は気温の影響を受け次第に

(1) 養鱒池のみでなく、湧水源の水温も時々佐藤氏が測定してゐる。之も第 3 圖に示してある。

異常の程度を認めないやうになる。此の間の消息を察知する爲、昭和 12 年 8 月 15 日と昭和 13 年 1 月 17 日との兩日に江川の各處及び附近の井戸の水温を観測しその分布状態を調査した。之等兩日に於ける観測値は夫々第 4 圖及び第 5 圖に示す如くであつて、夫々夏期及び冬期の分布状態

第 4 圖 夏の水温分布圖 昭和 12 年 8 月 15 日 14 時調査, 14 時気温 29.1°

第 5 圖 冬の水温分布圖 昭和 13 年 1 月 17 日 14 時調査, 14 時気温 7.4°

を代表するものと看做し得る。第 4 圖によれば夏期、水源及び縣水産試験場養鱒池附近に於ては 9.0° の低温を示すも水源より 300 m 弱の下流に當る遊園地の東端に於ては 15.0° に昇り、水源より 800 m 下流に於ては 15.4° 、1400 m 下流にては 17.8° 、約 2000 m 下流にては 19.5° となり更に下流の笠井氏經營の養鱒場 (330 頁参照) にては 25° 以上を示すことも尠くないといふ。斯くの如く水源より發し上流より下流に進むに従ひ水温益々昇り気温に接近する。因に當日徳島に於ける平均気温は 28.1° を示した。井戸水温も亦大體水源より遠ざかるに従ひ遞昇する傾向あり、江川水源の上流寄りにして元、吉野川の流域なりと想像せられる堤防交叉點附近の井戸水は特に低温であつて 10° 前後を示す。

次に冬期調査による第 5 圖によれば水源及養鱒池附近では、 21° 以上を示すが、水源より 300 m 弱下流の江川遊園地東端に於ては 18.8° に下り、水源より 800 m 下流に於ては 15.6° を示して夏期の調査と大差なく、夫れより下流に進むに従ひ水温は益々遞下し、1400 m の地點では 11.5° 、2000 m の地點では 9.0° に降下し気温に接近する。因に當日徳島に於ける平均気温は 3.7° を示した。井戸水温も夏に最も低温であつた江川水源上部のものが最も高く 18° 前後を示し、西麻植驛附近の井戸水温は 12° 前後であつて夏冬大差がない。井水温度は尙ほ廣範圍に亘り、深さ其の他の條

件を考慮に入れて調査する必要を認めるが、以上の観測より、江川及其附近の水溫は 8 月 15 日の調査に於て低溫を示した所ほど 1 月 17 日の調査に於ては高溫であつた事實は興味深きものと思はれる。而して此の夏冬兩者の較差は江川に於ては水源附近で 12° 餘、遊園地内では $5\sim 8^{\circ}$ を示し、水源より 800 m 下流に於ては殆ど較差なく、800 m より下流に於ては夏高冬低の一般河水溫度と同様の變化を示す。又井水も江川水源上部（西方）にて $6\sim 8^{\circ}$ の較差を示し、之より遠ざかるに従ひ小となり、特異性を失ふものの如くである。

2. 瓦斯の週期的發生 氣泡の發生が毎年略々定まれるある期間にのみ認められることも亦異常現象といふことが出来る。その起日及び終日の正確な観測は無いが、大體に於て 1 月上旬、江川水溫の略々最高に達する頃に始まり、初夏に至つて漸次衰へ、何時とはなしに停止するものの如く、此頃水底を棒を以て搔きまわせば氣泡の放出を見ることもあるも、遂には如何にしても全く放出せざるに至る。

瓦斯放出の模様は第 6 圖のスケッチの示す如く種々様々

である。氣泡の連續して出てゐる時間は 10 秒以下で 4~5 秒のものが多く、放出と放出との間は 30 秒乃至 7~8 分停止し、週期は一定しない。又數分毎に大泡の出ることもある。氣泡は目測、徑 5~6 耗のものが多いが 3 耗位のものもあり大きいものになると 25 耗位のものもある。氣泡の出方は A の如く稍大なるものが單獨に時々出るもの、B の如く比較的規則正しい間隔をおいて出るもの、C

の如く小氣泡に大氣泡を交へて出るもの、D の如く水面に近づくに従ひ擴がつて氣泡の數が増すかの如く見えるもの（此の例は割合に少い）、E の如く小氣泡が一團また一團と出るもの等がある。又氣泡は無數に散在して十數個乃至數十個の孔から同時に放出され、所によつてはゴボゴボと音をたて壯觀を呈するものもある。

氣泡の放出孔は水源及養鱒池内に殊に多く無數に配列し、湧水に伴ふものの如くである。その他遊園地内の池には各所に見らるるも下流に至るに従ひ減少し、筆者の數次の調査によれば、水源より 400 m 下流の、水深も川幅も増加せる所に於ては氣泡を認めたことは一度もなく水底を搔きまわしてもその放出を認め得なかつた。

江川に於ける水溫年變化及び瓦斯放出の異常現象は同所にのみ限られてはゐないらしく遊園地より正西約 5 km の吉野川の川床を流れる善入寺川（此の名稱は陸地測量部五萬分一地圖には載つてゐない）に於ても認められる。但人の言によれば冬は割合に水が溫く夏は冷くて水泳に堪へないといふ。而して冬期瓦斯の放出があるものの如く、本年 4 月 19 日に此處を観察した所では江川と

第 6 圖

同様、盛な湧水が水源となり、江川に比しては遙かに程度の弱い氣泡放出が處々に認められた。⁽¹⁾

瓦 斯 の 分 析

放出瓦斯は通常の如く水と置換して現場水中に於て採集し、瓦斯採集管 (Bohr 氏型) 或はビール壺に密閉せるものを東京に送付して分析した。輸送に當つては容器の破損に對しては勿論のこと、Bohr 氏管の活栓或はビール壺のゴム栓が激動によつて脱落或は弛緩することなきやう萬全の注意を拂つた。分析は Compensation tube 付きの Petterson 型ガスビュレット及び Drehschmidt 型ガスビペットを用ひ Hempel 法によつた。その結果、不飽和炭化水素、一酸化炭素、メタン、水素、エタン等は誤差の範圍内で皆無であつて單に酸素と窒素⁽²⁾とのみが空氣と殆ど同じ組成で含まれてゐることを認めた。炭酸ガスは微量に認められたこともあるが、分析操作上、その存否及び含量は稍々確實を缺く⁽³⁾。以上の分析結果を瓦斯採集時の状況と共に示せば第 1 表の如くである。

第 1 表

採集回	昭和 13 年 月 日 時	水 温	氣 温	雲 量	雲 形	風	天氣及記事	瓦 斯 の 組 成		
								O ₂	N ₂	CO ₂
I	I, 17, 17	22.2	7.4	5	C, SK	NW 和風	晴, 水清澄	19.6%	80.4%	0.0
								19.3%	80.7%	—
								19.4%	80.6%	—
								平均 19.4%	80.6%	*0.0
II	I, 27, 15:30	21.8	6.2	2	SK	W 和風	晴, 水清澄	19.6%	80.4%	0.0
III	II, 18, 14	20.3	9.3	6	SK	W 強風	晴, 水濁る	20.6%	79.4%	0.0
								20.8%	79.2%	***—
	IV, 13, 14	15.8	17.9	0	—	W 疾風の 弱き方	平均 快晴, 清澄	20.7%	79.3%	
								20.6%	79.1%	0.3
								20.5%	79.3%	0.2***
							平均	20.6%	79.2%	0.3%

* 之等 3 回の外に試料瓦斯を直接 Winkler-Dennis 燃焼ビペット中に導入し白金線を灼熱したるも容積の變化なきことを認めたものの測定 1 回あり。

** C_nH_n, CO の吸収及び燃焼を行はず。

*** 酸素吸収前に Winkler-Dennis 燃焼ビペットにて燃焼に附し容積の變化を含めず C_nH_{2n}, CO の分析を行はず。

異常現象、主として瓦斯放出の機巧について

分析の結果より見れば江川に噴き出す瓦斯は空氣とその組成に於て殆ど差がない。之は今年即昭和 13 年初の冬期のみの分であるから、毎年此の様になつてゐるか否かは確言出来ないわけではあるが、此の現象が毎年必ず週期的に起るものであつて今年に限つて特に例年と異なる處ない點から見

(1) 詳細は附記 (331 頁) 参照。

(2) 勿論不活性氣體をも含み得る。

(3) 分析の一部分は航空研究所山口文之助博士の御好意により同氏研究室員奈良源吾君を煩はした。記して以て謝意を表す。

て例年も同じ様であると推定出来るであらう。噴出の始から終りに迄に酸素の量が微に増加してゐるが、之はどの程度の重要性を持つかは目下は不明である。

一體天然に噴出する瓦斯中には遊離酸素は存在せざるか、或は存在するとしても極めて微量である。⁽¹⁾深い地下からの水中に遊離酸素のないことは既に 18 世紀の末、英國の G. Pearson によつて確められ⁽²⁾筆者も亦之を確めるやうな測定を行つたことがある。⁽³⁾火山瓦斯中に見出される遊離酸素については其の初成的存在は疑はれてゐる。⁽⁴⁾勿論火山瓦斯、地球深部に於けるその存在可能性は認められてゐないでもないが、果して遊離状態のまま地表迄持ち來らされるか否かは別の問題である。⁽⁵⁾

本邦各地の天然瓦斯を廣く採集分析せる、山田延雄、山口文之助兩博士、加納嘉彦海軍中佐等の報告に就いて見るも酸素を著量に含むものはなく、多くは 1% 以下で最も多いもので 12.6% である。此の 12.6% を含む天然瓦斯は、窒素は酸素の 4 倍よりも遙かに多く、従つて此の酸素が空氣混入の爲でないかと否定することは出来ない。⁽⁶⁾尙ほ三氏の報告中に窒素が酸素の 4 倍よりも少い天然瓦斯もあるが、夫等は何れも酸素の含量が少なく、分析の操作等より考へて該天然瓦斯中に酸素が初成的に存在したか否かの斷定は困難である。

以上の如く考へるへ時は江川瓦斯の如く多量に酸素を含むものの起源については大氣と密接な關係あるものとして考察を進めることが當を得て居るものと思はれる。然らばその發生の機巧を如何に考へるべきか、之に關する確定的な斷定は下し得ないが、種々な點より推して吾々は差し當り二つの異なる機巧を假定して見た。その第一は水温の變化に基く水中溶在空氣の溶解度減少に由る瓦斯放出であり、其の第二は空氣が直接機械的に他の地點で地下水中に巻き込まれ、江川に於て地下水が湧出する際に放出されるといふことである。

先づ第一の考へ方について説明する。江川の湧出水温が冬季に高温となるのを、夫れよりも尙若干高温の地下水があつて、之と、附近を流れる吉野川の低温な水が地下に滲透したものとが、混合する爲めと考へるとすれば、寒暖 2 種の水が混合する際に溶解する空氣の一部を放出することもあり得る。

吉野川の水溫については定期的に觀測されたことを聞かない。然し他の河川の水溫とその附近の

(1) Burrell: The recovery of gasoline from natural gas. (1925). p. 75.

(2) W. Vernadsky; La géochimie (1924), p. 50.

(3) 本誌 II, 13 (昭和 10 年) 274.

(4) W. Vernadsky: l. c. p. 139~140.

(5) W. Vernadsky: l. c. p. 51~52.

(6) 航空研究所報告 6 號 (1923) 171, 13 號 (1926) 347, 日本化學會誌 47 巻 (1925), 13. 尙ほ朝比奈, 泉: 燒山火山調査 本誌 II, 15 (昭和 12 年) 519 頁參照.

気温との観測値を比較すれば大差ないことが多いから假りに徳島の気温を以て吉野川の水温に代理せしめても大差ないものと考へられる。本邦各地の河水温度と気温との比較については、關和男、久保時夫兩氏⁽¹⁾、須田院次、關和男兩氏⁽²⁾、倉茂英次郎氏⁽³⁾、上野益三氏⁽⁴⁾、吉村信吉氏⁽⁵⁾、小松三郎氏⁽⁶⁾、山田正二郎氏⁽⁷⁾等の調査にかかるものを見ても、特殊の場合にはその差が 10° 位になることもあるが、概して気温と大差ない。殊に四季を通じての變化は気温と略並行して居るが、夏期或は夏半期には気温の方が稍高く、冬期或は冬半期には気温の方が稍低くなることが多い。前記諸氏の報告及び筆者の些少な経験によれば気温との差は概して云へば下流よりも上流の方が著しい。⁽⁸⁾ 一例として上掲の須田、關兩氏の報告より昭和 6 年の年平均水温及び気温を、倉茂氏の報告より昭和 7 年の年平均水温及び気象年報より同年の年平均気温

を引用すれば第 2 表の如くである。吉野川の水溫及びその観測點附近の気温については森主一氏が同河川産の生物殊にプランクトンの調査⁽⁹⁾に當つた時に附隨して測定されたものがある。(昭和 9 年 8 月、昭和 11 年 1 月、4 月 7 月、8 月、辻、川島、名田、第十、池田、吉野川河口附近等)

兎に角差當り前述の如く徳島の気温を吉野川水温の代りとして江川の湧出水との比較を圖示すれば第 3 圖の如くである。⁽¹⁰⁾

大氣(乾燥分壓 760 mm)と平衡にある酸素及び窒素の溶解度を、多くの測定者の値の内から Fox のものを採用すれば第 3 表の如くである。⁽¹¹⁾ 假りに、

河川及び該當 測候所	昭和 6 年 水温及び気温	昭和 7 年 水温及び気温
{ 川 棚 川	16.6	15.7
{ 長 崎 川	15.7	15.3
{ 大 淀 川	17.0	16.1
{ 宮 崎 川	17.3	16.5
{ 旭 崎 川	15.2	15.3
{ 岡 山 川	14.6	14.4
{ 廣 瀬 川	11.5	11.5
{ 前 橋 川	2.9	13.4
{ 荒 川	14.4	15.4
{ 熊 谷 川	13.2	13.6
{ 荒 上 流	12.4	12.5
{ 秩 父 川	12.4	12.6
{ 鬼 怒 川	14.8	14.3
{ 宇 都 宮 川	12.2	12.7*
{ 裾 花 川	8.7	9.0
{ 千 曲 川	11.2	11.3
{ 犀 川	11.6	12.0
{ 長 野 川	10.9	11.2
{ 北 上 川		12.8
{ 石 卷 川		11.3
{ 最 上 川		11.2
{ 山 形 川		11.2

* 6 時と 18 時との平均

單に江川の水の夏の低温から冬の高温に至る温度差丈け水が温められるとすれば水 1 l につき約

- (1) 關和男、久保時夫：海洋時報 2, 480, 682, 昭和 6 年。
- (2) 須田院次、關和男：同上 3, 705, 昭和 7 年。
- (3) 倉茂英次郎：本誌 II, 12, 1, 昭和 9 年。
- (4) 上野益三：陸水學雜誌, 1, 11, 79, 昭和 6~7 年。
- (5) 吉村信吉：海と空, 16, 187, 昭和 11 年。
- (6) 小松三郎：本誌, II, 11, 217, 昭和 8 年。
- (7) 山田正二郎：陸水學雜誌, 6, 116, 昭和 11 年。
- (8) 朝比奈、水野、岡：本誌, 第 II 輯, 9, 6 頁(昭和 6 年)。
- (9) 森主一：陸水學雜誌, 6, 157, 昭和 11 年, 7, 158, 昭和 12 年, 8, 22, 昭和 13 年。
- (10) 徳島の気温は月平均を採用し、圖中毎月 15 日の所に記入した。
- (11) C. J. J. Fox, Trans. Farad. Soc., 5, (1909~10), 68.

5 cc (標準狀態) の空氣を放出すべき勘定になる。然し乍ら若し高温の地下水が低温の地下水と遭つて冷却されれば、兩者共に空氣で飽和してゐると假定して、高温の水について云へば冷却の結果未飽和になり、低温の水は加温されて過飽和となるわけであるから結局混合した水は果して空氣によつて過飽和又は不飽和の何れかは具體的に調べて見なければ判らない。

今、溫度 T_1, T_2 ($T_1 > T_2$ とす) の水を夫々 m l, $(1-m)$ l 混じ、溫度 T の水 1 l を得るとすれば、水の密度及比熱を 1 として

$$(T_1 - T)m = (T - T_2)(1 - m) \quad \text{即} \quad T = m(T_1 - T_2) + T_2.$$

又 T_1, T_2 に於ける水に對する瓦斯の溶解度を夫々 c_1, c_2 (cc/l) とし、之等の水を夫々 m l, $(1-m)$ l 混ぜる時、混合水 1 l 中の瓦斯の濃度を s (cc/l) とすれば

$$s = mc_1 + (1-m)c_2 \quad \text{即} \quad s = m(c_1 - c_2) + c_2$$

以上兩式より同一 m に對する s と T との關係を求めれば

$$s = T \frac{(c_1 - c_2)}{T_1 - T_2} + \frac{c_2 T_1 - c_1 T_2}{T_1 - T_2}$$

となり s と T とは一次の關係にある。即ち瓦斯で飽和せる寒暖 2 種の水を混じた時の瓦斯の濃度は溫度に對して直線關係になる。一方、水に飽和せる瓦斯の濃度即ち溶解度は溫度に對して直線とはならず向上に凹の形をとるから、兩者の差に相當する丈の瓦斯が過飽和となる。此の $s-T$ の式に第 3 圖の値から江川の水溫と徳島の月平均氣溫とを考慮に入れて假りに $T_1 = 28^\circ$, $T_2 = 4^\circ$ とすれば、

$$\text{酸素に對し} \quad T_1 = 28^\circ, \quad T_2 = 4^\circ, \quad c_1 = 5.75, \quad c_2 = 9.26, \quad s = -0.1462T + 9.84$$

$$\text{窒素に對し} \quad T_1 = 28^\circ, \quad T_2 = 4^\circ, \quad c_1 = 11.25, \quad c_2 = 17.02, \quad s = -0.2404T + 17.98$$

となり、之等の $s-T$ 直線を圖示すれば第 7 圖を得る。圖中の曲線は Fox の値を採用した溶解度曲線であつて之等により $T_1 = 28^\circ$, $T_2 = 4^\circ$ の中間の s の値と瓦斯の溶解度との差を求めれば、 $T = 20^\circ$ で 0.9 cc/l 位となり可なり小である。瓦斯の溶解度曲線は向上きに凹であるが此の程度の範圍では直線に近いものであることから見ても、此の事は當然と云はねばならない。此の過飽和量は可なり小さく現場に於ける事實

第 3 表

溫 度	溶解度 cc/l	
	N ₂	O ₂
4°	17.02	9.26
8°	15.63	8.40
12°	14.45	7.68
16°	13.45	7.08
20°	12.59	6.57
24°	11.86	6.14
28°	11.25	5.75

第 7 圖

の説明としては、量的に不充分であるかとも思はれるが、江川湧水温度が上昇し、徳島の気温より高くなつて未だ気泡の放出が起らないことから見れば、或は地下に氣體が漸次蓄積せられ、ある量に達して後放出を開始するものとも見られる。上述の議論には、種々の假定をしてあつて、夫等は必ずしも一々斷つてはないが、結局、湧水量と瓦斯放出量とが夫々大體測定されれば、此の議論の適否判定に資すると思はれる。尚ほ上に考へた寒暖 2 種の地下水の中高温のものを温泉成は鑛泉が水位等の關係から冬期のみ地中の深所より來たものとすれば、酸素を含むことが考へ難いから(窒素は存在し得る)此の場合には上述の式 $s = T \frac{c_1 - c_2}{T_1 - T_2} + \frac{c_2 T_1 - c_1 T_2}{T_1 - T_2}$ は酸素に関する限り、 $c_1 = 0$ とおいて、 $s = T \frac{-c_2}{T_1 - T_2} + \frac{c_2 T_1}{T_1 - T_2}$ となり、放出する瓦斯中には酸素が存在し難くなつて事實と合はない。

或は地下に温い岩石、土砂等の層を考へ、之に吉野川より地下に滲透した低温の河水が接觸して加温されて高温な湧水となるとすれば、前頁に述べた如く若干の溶在空氣を放出し得るが、冬期に熱源、夏期に冷源として働く岩石、土砂等の層を考へることは實在性に乏しいやうである。

氣體を放出するのは單に温度差のみでなく水と平衡にある空氣の壓の變化によつても起り得るわけであるが、江川に於て此のことが具體的に如何に考へらるべきかは未だ明かになし得ない。⁽¹⁾

以上に述べた温度差等による氣體の放出の説明は、之に關聯して江川の水溫變化の異常を同時に説明するに未だ不充分である。寧ろ水溫の異常變化から氣體の放出を説明せんとするものである。

次に上述の第 2 の考へ方について敷衍する、吉野川の水位及び流域地下水の水位が年 1 回の週期を以て上下し、その際或る條件の下で大氣が地下水流に機械的に巻き込まれ、それが江川等に於て湧水する時に放出されることが考へられる。⁽²⁾之について 江川附近の井水或は吉野川の水位觀測値が得られない爲、止を得ず水位を最も大きく支配すると考へられる吉野川流域の降水量を、徳島測候所及びその管内の南濱、大寺、石井、鴨島、川島、市場、脇、芝生、池田、^{カミミヤウ}上名、^{オイ}大枝、小祖^ノ谷、一字、川井、^{シモブンカミヤマ}下分上山、^{オロノ}鬼籠野の合計 17 個所の月總量の合計を以て表はし之を第 3 圖に毎月 15 日の所に記入し破線を以て結んだ。その變化を見れば、概して降水の多い時には江川の水溫は下り、降水の少い時には上る様な傾向を示し、1 年を週期とする變化も同様である。之は水位の爲ではなくて直接降水の爲かも知れないが、今假りに水位を考へに入れて考察を加へて見る。

江川附近は、吉野川の往時の流路であつたが、此の附近各地一帯に互り流路は色々と變化したもの如く、水成岩の種々の層があるやうである。従つて地下水は淺く豊富であると考へられるから一

(1) 水底より氣泡の出る模様から見ても過飽和になつてゐることはどちらかといふと考へにくい。

(2) 東京帝國大學理學部化學教室の理學士野口喜三雄氏の談によれば、長野縣諏訪郡豐平村長倉鑛泉(昭和 12 年 9 月 23 日、水温 17.0° 気温 15.6° pH 6.4)に噴出する瓦斯は炭酸 1.8% で殘餘は窒素と酸素とが 4:1 に近い割合で含まれてゐるといふ。江川瓦斯に組成がよく似てゐるので、それ等の噴出機巧が兩々相俟つて明かになし得れば興味あることと思はれる。

般の地中温度が深さと共に變化するやうにはなつてゐないで、河水が地中に滲透せる時にもさまで温度の變化がない、而して夏期の比較的高温な河水が地下で若干の冷却をうけるのみで冬期になつて湧出し、夏期の河水が地中より湧出するとも考へられる、或は夏期には吉野川流域一帯に降水が多く、河の水位も高まるのであるから江川附近より南方一帯にある急峻な 1000 米位の山地より供給される低温な地下水の湧出が考へられる。⁽¹⁾冬期減水期には此の低温な地下水の供給がなくなり、その通る地層に空氣が置き換り、それを巻き込んだ高温な地下水が氣泡を放出しつつ湧出するものと考へたならば水温の異常變化と瓦斯の多量な放出とが説明出來はしまいか。

之に關聯して興味ある事實がある。江川の下流、省線鴨島驛の東北東 1 軒強の笠井某氏經營の養鱒場に於て、之に引いてある江川の水が弱く夏には養鱒に對する最高限度 25° よりも水温が上昇する惧がある。よつて地下水を補ひとして水温を低下せんが爲井戸を掘鑿した所、何處を掘つても 20~25 cm の厚さのコンクリートより稍軟い位の堅き岩板につき當り、それを打抜いた所、その下層に流水があるらしきも、湧出せず却つて養鱒池より水が之に流れ込むといふ結果になつた。結局は此の爲養鱒池の水の新陳代謝を盛にして水温上昇を防ぎ得たといふ。

以上の第 2 の考へで説明せんとすると、類似の現象が未だ他にも相當にありそうに思はれる。(前頁脚註 (2) 参照)。筆者は第 2 の考へ方によつても未だ充分に説明されたとは思はない。唯、今迄の所では冬期間に湧水温度上昇後暫くして噴出し始め、水温が春先き低下し始めると共に噴出を止める瓦斯が他の多くの天然瓦斯とは異り、殆ど空氣と異らざる組成のものであることを確め得たので、此の事實と矛盾せざる範圍に於て異常現象の機巧を考へて見たのである。

江川、吉野川等の水質の調査を中央氣象臺氣象化學掛に於て行つたものがあるが、之は採水期間も短かく本問題解決に對し未だ充分な資料とはならない(第 4 表)。概して吉野川の水は江川の水

第 4 表 江川及吉野川の水の分析値(抄)

採水時日 (昭和 13 年)	氣 温	水 温	酸 度 (フェノルフ タレイン) CaO	アルカリ度 (メチルオ レンジ) CaO	pH	Cl ⁻	SO ₄ ⁼ S	Si	Ca	全 残 渣	採 水 地
月 日 時 分											
I 17 14	7.4	21.0	5.9	22	6.4	2.6	2.9	2.8	7.35	47	江川
IV 19 12 10			2.4	20	6.4	7.8	2.8	2.8	9.29	—	江川水源地
IV 19 12 03			4.2	16	6.3	2.8	6.8	2.4	10.49	—	井水(第 8 圖 ⑨ の井戸)
IV 24	20	22.4	2.6	22	7.2	2.0	1.7	1.8	7.55	—	吉野川(阿波郡柿島町知恵島和平須賀藩)
IV 24 14 53	20	16.2	6.4	24	6.3	3.4	3.7	2.1	17.37	—	江川水源地

表中酸度はフェノルフタンを指示薬として 0.01 規定苛性ソーダを以て、アルカリ度はメチルオレンジを指示薬として 0.1 規定鹽酸を以て滴定せる値を當量の CaO の mg/l に換算せるもの、Cl⁻, SO₄⁼-S, Si, Ca, 全残渣は何れも mg/l 單位。

(1) 此の山地と江川との中間にある井戸或は湧泉の水温分布を充分調査すれば此の間の消息を明かになし得る可能性があるが、今迄の所井水の水温調査は未だ江川の附近だけである。それによると(第 4 圖)江川から遠ざかり南方に行くに従ひ必ずしも夏期低温になつてはゐない。併し山岳地帯から供給する地下水が井水には湧出せず、往時の吉野川の深淵部を通じて江川に湧出すると考へれば差支ない。

よりも含有成分少く, pH は少し高いが, 兩者に大きな差が認められない。

附 記

(I) 曾つて中央氣象臺が存在した宮城内舊天主臺南下に黄金水といふ井戸があつて, 2 月には最低となり平均 $6\sim 8^{\circ}$, 10 月には最高となり平均 $10\sim 14^{\circ}$ の水温を示し, 冬は気温よりも高く夏は低い, 然かも盛に汲み出しても温度に變化が殆どないといふ。⁽¹⁾此の井水の温度の年變化は江川に於けるものとは趣を異にするが, 気温との差については似てゐる。井水の夏期の低温について, 藤原技師及築地技師より夫々有益な御高教を賜はつた。このことは筆者の深謝に堪へざる所である。之等に基づいた見方を上述の吾々の憶説に加へて今後の調査を行ひたいと思ふ。

(II) 友人理學士四宮知郎氏は本年 4 月上旬江川の西方 5 km 餘の市場町に歸省の途中, 江川及び附近一帶の模様を詳しく調査して吾人の參考資料として提供せられた, その勞と好意とに對して深甚の謝意を表するものである。同氏の手記を次に記そう。

當日 (4 月 7 日 9~14 時) 養鱒池は盛に氣泡を噴出しつつあつた。その噴出速度等は明かでは

ないが, (第 8 圖参照) 目測の比較に

より ⑧ の池は噴出が最も盛で, ③④⑥⑦⑩ 等之に次ぐことを認められた。

江川の遊園地内の各池は多少とも噴氣をなし, 湧水源の一である ⑤ に於ても湧水に伴つて常に氣泡の出るのを認めた。⁽²⁾氣體放出の狀況は池底各所より間歇的に上昇するのであつて, ビール, サイダー等の壺を開栓せる時の如く水の内部より泡の出ることは全く認められなかつた。之は傍に在つて養鱒に従事する係員の言によつても裏書きされる。試みに池底を竹竿を以て突く

第 8 圖

と忽ち多數の氣泡の上昇を見, 暫時にして其の量は減退する。恰も沼泥を突いてメタンガスを得る時の如くである, かかる方法で園内各所の池, 井を試みると總て氣體の上昇を見る, 井戸では ⑬ が最も著しく ⑮ は溜り水で湧水もなく殆ど氣泡の發生を見ない。又遊園地の西より北東にわたつ

(1) 氣象集誌 第 14 年 (明治 28 年) 2 號 60 頁, 4 號 190 頁。六笠八五郎氏論說井水の温度。

(2) 第 8 圖の ② が氣泡を出さないのは池底をコンクリートにした爲であつてその前には, 氣泡も湧水も盛に出た。又 ⑥ も以前は盛に活動したが, 次第に衰へたのである。

て吉野川の堤防があるが、之を越へて河床に下り、之を流れてゐる同川の傍流に於ては礫に藻の附着あるを見たが、此の所では氣泡の發生を見ない。

江川の湧水は次第に集つて吉野川に並行して流下し鴨島附近に於ては幅及び深さ夫々約 30 m 及び 3 m の河となつて流れてゐる。

江川に類似せる瓦斯發生は同所より略正西 4.9 km 距つた吉野川の川床、即ち學島村と市場町とを連絡する縣道が吉野川を渡る地點に於ても見られる。今、その地點を示す爲に陸地測量部五萬分

第 9 圖 (1)

第 9 圖 (2)

一地形圖德島十二號の川島の一部と、同じ場所を四宮學士が 4 月 9 日 14~16 時に見取られた圖とを掲げる (第 9 圖 (1) 及び (2)).⁽¹⁾此の場合にも氣泡は湧水箇所にてのみ見られ、竹竿を以て河底を突けば多量の氣泡が一時に上昇する。湧水なく單に河水の流れのみの場所では氣泡の發生なきは勿論であるが、竹竿でついても、微氣泡の發生若干を見るのみで瞬時に止む。

以上のことから放氣状況を概括すれば、池に於ても、井戸に於ても、河床に於ても湧水には殆ど例外無しに氣泡を伴ふ。氣泡の自然上昇をなす模様を見るに間歇的である。即ち水底の土砂の間に氣泡が蓄積して、ある限度を超えると一時に放出されるやうに見える。水底を突く時にも一時に多量の氣泡を放出し暫時にして減退する、之は水底を突くことによつて蓄積が破られる爲と見られる。單なる溜水又は目測にて水が幾分土砂中に吸込まれる如き感ある所では氣泡の放出を見ない。

(1) 之は既に記した如く (324 頁)、俚稱善入寺川である。善入寺川の南方にある大きな吉野川中洲を俚人は善入寺島と呼ぶ。