

思われるものは、福井層とされている部分にみられる角礫凝灰岩(厚さ4m前後)であるが、これはむしろ、柚木層の岩石二枚の上位附近にある厚さ約5m弱の角礫凝灰岩(江里凝灰角礫岩)に対比すべきであろう。したがって野島層としているところは岩石二枚の上位、すなわち柚木層の上部から世知原層にわたる層準かと思われる。かく考えると鷹島に露出する地層中に構造線を考えなければならないが、鷹島の輪廓を観察すると丁字形をなし、そのくびれにあたる神崎西方を、あるいは断層が通過しているのではないかと考えられ、今後検討されるべきものと思われる。従つて現在北鷹島炭鉱において採掘中の鷹島三尺層は、松浦三尺に従来対比されているが、さらに下位(柚木層)のものではなからうか。

10. 佐々川断層活動の時期と野島層の堆積時期との関係についての一つの考え

上治博士および春城技官の図幅³⁾では佐々川断層は福井炭鉱北方において、その落差が急減するように考えられているが、野島層下部附近に2つの不整合の存在することが判明したので、むしろ佐々川断層は野島層堆積前にその活動が大部分終了し、野島層堆積後もなお多少の運動が続き、同層に影響を与えているものと考えた方が妥当ではないかと思われる。今後さらに三枚物の上位の蛇の目凝灰岩(本ヶ浦凝灰岩)・含有孔虫頁岩層(前加勢黒色頁岩)ならびに介化石層(大屋層)を追跡し、蛇の目凝灰岩の落差と含有孔虫頁岩層の下盤の落差とを確める必要がある。

11. 中尾地区に関する最近の資料

中尾1号試すいの結果は「鉱山地質」²⁾に発表したが、

その後同試すいの北方約250mの地点に、平田山炭鉱において試すい(中尾2号)を行い、深さ28.25mで三枚物に着炭した(炭柱図は上位より20cm石炭、205cm頁岩、15cm石炭、15cm頁岩、20cm石炭である)。それによつて中尾附近一帯に、きわめて浅所に三枚物が存在することが確認されたが、現在鉱区の関係、電力容量の不足、鉱害問題等の関係から、未開発のまま放置されているのはきわめて遺憾である。これらの試すいおよび御厨炭発1号・2号等によつて、中尾と御厨町との間の玄武岩下の広大な処女地においては、三枚物は尖滅しているが、福井一枚・砂盤およびそれ以下の炭層は存在する可能性が強いことが明らかとなつたので、早急に上記両地間の適当な箇所に試すいをおろして、これらの炭層を確認すべきであると思われる。なお上記の中尾1号試すい同3号試すいは、平田山鉱業所の方方特に井上所長および小松島測量員の盡力によるものが大であるのでここに深謝する。(昭和27年2月~3月調査)

文 献

- 1) 安原彰一・小松麗・逆瀬川清丸・長浜春夫: 長崎県北松炭田加勢地区粘結炭調査報告, 1949, 未公刊
- 2) 竹原平一・長浜春夫: 佐世保炭田平田山鉱業試すい(中尾1号)着炭とその堆積論上の意義, 1952, 鉱山地質2巻4号。
- 3) 春城清之助・沢村孝之助: 佐世保図幅, 1952, 未公刊。
- 4) 上治寅次郎: 北松炭田地質図, 同説明書 1938。
- 5) 長浜春夫: 長崎県北松浦郡平戸島附近の地質, 1952, 地質調査所月報第3巻第11号。

550.835:551.494:622(521.16)

放射性同位元素 $^{15}\text{P}^{32}$ による水路試験について

岩崎章二*・金井光明*・下河原達哉**・二日市宏*

Résumé

Investigation of the Path of Underground Water at Tamura-gun, Fukushima Prefecture with Radioactive Isotope $^{15}\text{P}^{32}$

by

Shoji Iwasaki, Kōmei Kanai, Tatsuya Shimogawara, & Hiroshi Futsukaichi

As a preliminary investigation of the paths of leakage waters from the inside of a mine, the investigation of the paths of underground water at limestone area, Fukushima pref. was performed with radioactive isotope $^{15}\text{P}^{32}$. In this area there is a brook on the hillside and at about 1.2 km (Straight distance) from the brook the stream at Irimizu is seen on the surface.

* 物理探査部 ** 元所員

Between two points water is hidden underground. This brook and stream are supposed to be connected with each other. To ascertain this, $^{15}\text{P}^{32}$ was used.

$^{15}\text{P}^{32}$ (about 5 MC) was thrown into the brook. To confirm the expected results, salt (NaCl) (3.7kg) and $\text{Na}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (0.3kg used as carrier to $^{15}\text{P}^{32}$) was also thrown into the brook about the same time.

The intensities of beta-ray of $^{15}\text{P}^{32}$ in the stream water at Irimizu were measured. The results obtained are as follows:

1. The peak of the intensity curve of beta-ray was seen about 4 hours after $^{15}\text{P}^{32}$ was thrown into the brook.
2. The peak of Cl_2 density curve was also seen about the same time.
3. From the above results we see that the underground water was connected with each other and that the time required for the water to pass through this distance was about 4 hours.
4. Some laboratory tests concerning to $^{15}\text{P}^{32}$ were also made.

1. 緒 言

放射性同位元素 (以下R.I.と記す) の科学工学方面への使用は最近ますます盛んになり、その応用方面も漸次拡大され、それぞれの分野において多大の効果をあげつつある。わが国においても、昨年R.I.の輸入が許可されて以来、種種の方面への利用が試みられ、幾多の有効な結果が得られている。

このR.I.を地質調査・鉱業方面に使用することについてはアメリカ等で行われ、油田方面・選鉱等における利用が試みられているとのことであり、わが国においても今後R.I.の入手が容易になると、探査方面へ有効に使用できる場合が相当あることが期待される。その一つの試みとして今回 $^{15}\text{P}^{32}$ を実地に使用し、水路探査の可能性についての研究を行った。炭坑内の湧水等に関連して、その通路を調べる必要が生じているが、最初からそれらの場合に応用することは、R.I.の多量を必要とすること、その場合の安全性の問題、吸着・沈澱の問題等R.I.の使用に経験のないわれわれには危惧の感があるので、その予備的調査として、一応既知の水路で、しかも流量も少なく、従つて使用R.I.の量も比較的少量で、調査可能と思われる福県田村郡の入水鐘乳洞附近

において、地下水路の連続に関する研究を行った。

準備不十分のため、種種不完全な点が存在するが、一応その結果をここに報告する。

なお下河原技官は実地研究の直前本研究に参加し、Clによる水路試験を担当した。

2. $^{15}\text{P}^{32}$ について

2.1 R.I.は周知のように相当危険なもので、その取扱には十分の注意が必要である²³⁾。殊に調査に使用する場合、野外で用いることが大部分なので、あまり寿命の長いものやガンマ線のように透過力の大きい放射線を出すものは、安全性を考慮して一応除外し、取扱い易いベータ線のみを出すもので、比較的短寿命(半減期14.3日)で、かつβ線としてはエネルギーが大きく、従つて測定が比較的容易であり、また一番普通に使用され、かつ安価なものとして $^{15}\text{P}^{32}$ を選定した。

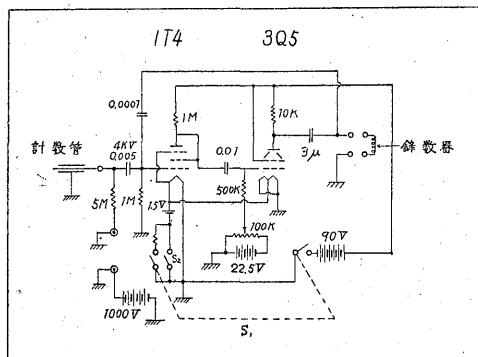
2.2 今回使用した $^{15}\text{P}^{32}$ は5mc(ミリキューキ-)で昭和26年4月25日に受理したもので、詳細のデータは下記の通りである。

第 1 表

Material	$^{15}\text{P}^{32}$ (S-3)
Chemical form	PO_4 in weak HCl
Specific activity	0.025 mg/mc
Analysis	
assayed at	8.00 a.m. 4-20-51
concentration	8.02 ± 10%
Batch NO.	P 32-67
PPTE at PH_7	Medium
Heavy Materials loss than	10 P.P.M.
Non volatile Materials	0.0mg/ml
	0.0292 N acid
Radioactive Purity	99.9%

3. 測定器 械

測定に使用した器械は科学研究所、平田氏の製作にかかものので、その回路図は次のようである(第1図)。



第 1 図

計数管は実地試験の場合は日立製作所製溶液用計数管

で、室内実験においては主として日立製 β 管を使用した。

4. 予備実験

4月18日 $^{15}\text{P}^{32}$ 5mc の輸入許可があり、4月25日科学研究所仁科研究室にて受理したので、26日より研究調査に先だつて2, 3の予備実験を行った。

予備実験としては、水による沈澱、土壌による吸着等を調べて、どの程度まで薄めて現有測定器による測定が可能かについて実験を行った。時日があまりないので、十分な実験はできなかつたが、要は5mcにて調査の結果、一応の成果をおさめうるか否かを試験するのを目的として行ったものである。

まず原液を取扱の安全性、使用時の便宜等より0.3N塩酸にて11に稀釈した。以後これを“使用液”と呼ぶこととする(稀釈には化学課貴志氏を煩わした)。

この場合、原液の濃度が $8.02 \pm 10\% \text{mc/ml}$ であるから、原液の容積は0.623ccで、従つて稀釈度は約1,525倍である。

処理は写真用四切ベツト上に吸取紙を置き100ccのピーカーを使用して行った。

参考のために、この処理に使用した器具の汚染(cotemination)を β 計数管(東芝製自然計数約571分)で測定した。結果は次のようであつた(距離は10cm位)。

吸取紙ゴム手袋等	91/分
ゴム栓(原液容器の) 2回洗つてある。	880/分
100ccピーカー (原液を11にうすめるに使用)	1000/分
原液空瓶 (15回程洗つてある)	390/分

4月27日に水による沈澱および土壌による吸着についての実験を行ったので次に記す。

まず資料作製のため500c.c.のピーカー2個をとり、A, Bとする。

A. 水による沈澱検査:- 使用液を $1/100$ にうすめたもの10c.c.に水道水を加えて50c.c.とする(現地の水と水道水とのPの成分, PH等大体類似しているので、水道水を使用した)。すなわち、使用液を500倍にうすめた。

B. 土壌による吸着実験:- 使用液を $1/100$ にうすめたもの50c.c.に蒸留水50c.c.を加え、この中に土壌(地質調査所運動場のもの)10gを加える。この場合使用液の稀釈度は200倍である。

以上A, Bにより作製された液を一晩放置し、翌28日に測定した結果、次の値を得た。使用計数管は日立製 β 管(自然計数約33)で測定距離約18cmである。

Aの資料約1c.c.	計数(毎分)	83
Bの上澄液同量	“	41

すなわち、Aの結果において、使用液が500倍にうすまつた場合において、土壌等の吸着がない場合には資料1c.c.にて測定可能と認められる。

B資料の結果によれば、使用液を200倍にうすめたものにおいては、R.I.は土壌中に吸着されて、その1c.c.は辛うじて測定しうる程度である。

以上の実験は不十分なものであるが、その結果より、実際の場合を考察すれば、使用液の200倍程度以下の稀釈までは、一応測定可能と思われる。

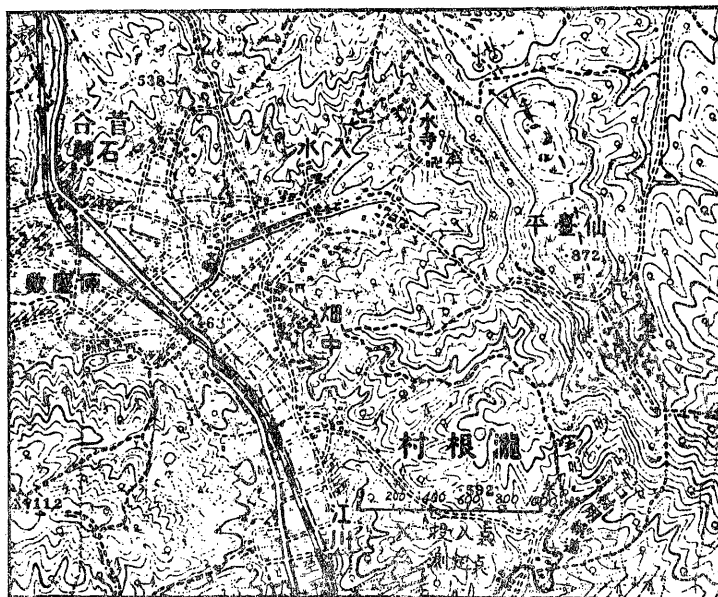
さらに以上の土壌の実験は1つの極端な場合であつて、実際の吸着はさらに小であろうし、なお測定資料の分量増加溶液用計数管により(近日入手可能の予定)測定時の立体角を増加する等により、R.I.の増変を考慮しても一応測定可能と思われる。

なお、現地における水量の増加は100倍程度の見込みである。

5. 実地における研究

5月2日、福島県田村郡入水鐘乳洞附近において $^{15}\text{P}^{32}$ による水路試験を行った(調査地選定については地質部渡辺和衛技官の助言によつた)。

場所は田村郡下の入水鐘乳洞附近の石灰岩地帯で、入水は磐越東線菅谷駅東方約1.5kmの距離にあり、本地点の湧水地点で測定を行った。 $^{15}\text{P}^{32}$ を投入した地点は、こ



第2図

こから南東東約1.2km, 高度200m余, 丘陵を上つた附近の沢である。この間地下を流れる水の通路の詳細は不明であるが, 両地の水が連絡していることはほぼ確められているので, 沢の水に $^{15}\text{P}^{32}$ を流して, 入水において水の放射能を測定して, $^{15}\text{P}^{32}$ の検出が可能かどうかを調べた。

なお, この際食塩も同時に投入して Cl の検出による探知を行った(分析は Mohr の方法による)。

測定の様様をやや詳細に述べる。

5.1 投入

投入箇所は沢の水であるが, 大体的見取図を第3図に記す。投入の詳細は下に示す。

12^h 29^m 15^s { NaCl + Na₂HPO₄ · 12H₂O ($^{15}\text{P}^{32}$ の
 (3.75kg) (0.3kg)
 // 55^s { Carrier として) をバケツ中で川水に
 とき A 点に投入し,

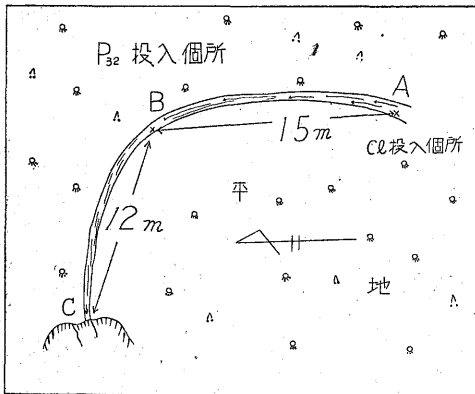
未だ増加せず

30^m 15^s C点 Cl' 120mg/l
 // 45^s C点 Cl' 120mg/l

ここで, Cl' の増加を認めたので,

31^m 0^s { B点に $^{15}\text{P}^{32}$ 液を投入(使用液約990cc)
 // 20^s {
 // 15^s C点 Cl' 700mg/l
 // 45^s C点 Cl' 1,100mg/l
 32^m 15^s C点 Cl' 1,000mg/l
 // 45^s C点 Cl' 800mg/l

参考のために, B 点の水底に投じた石灰岩の放射能を 15^h30^m 頃測定した結果によれば, 水面に面した表側では 48/分, 川底に面した裏側では 39/分, 標本を除いた場合は, 37/分の値を示した。



第3図 $^{15}\text{P}^{32}$ 投入現場見取図

5.2 測定

入水において, 500c.c. のビーカー中に 400c.c. の水を採集して, この水の放射能を日立製溶液用計数管を用いて測定した。

測定装置の要は次のようである。すなわち計数管を採集した川の水を入れたビーカーの中心部に, 一定の深

さに固定せしめる装置により, すなわち常に一定の条件にて測定を行った⁴⁾。測定値はそれぞれ10分間の値の平均値をとり, 毎分の計数とした。測定値を次表に示す。

第2表 $^{15}\text{P}^{32}$ の測定値

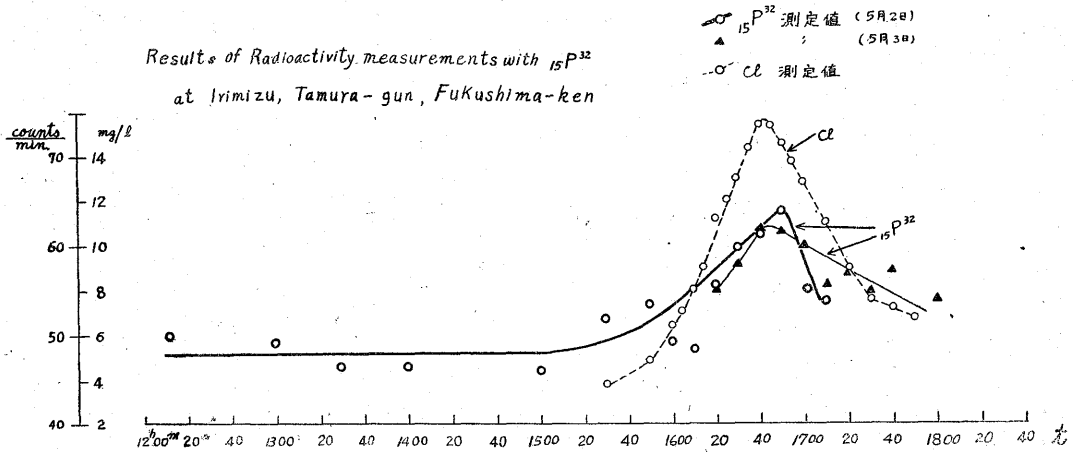
採水時間		測定開始時間		測定値 毎分の計数
h	m	h	m	
5月2日	12 12	5月2日	12 37	49.9
	13 00		13 05	48.9
	13 30		13 33	46.4
	14 00		14 05	46.4
	15 00		15 04	46.0
	15 30		15 52	51.5
	15 50		16 15	53.6
	16 00		16 28	48.9
	16 10		16 50	48.4
	16 20		17 05	55.4
	16 30		17 18	59.8
	16 40		17 30	61.0
	16 50		17 45	63.8
	17 00		17 58	54.9
	17 10		18 09	54.0
	18 00		9 18	54.0
	17 50		9 30	51.4
	17 40		9 42	57.3
	17 30		10 03	55.1
	17 20		10 16	57.2
	17 10		10 28	55.3
	17 00		10 40	60.0
	16 50		10 52	62.0
	16 40		11 04	62.0
	16 30		11 15	57.7
	16 20		11 28	54.8

第3表 Cl の分析結果

採水時間		Cl 含有量 mg/l
h	m	
5月2日	15 30	3.8
	50	4.8
	16 00	6.4
	5	7.0
	10	8.0
	15	9.0
	20	11.2
	25	12.0
	30	13.0
	35	14.4
	40	15.4
	45	15.4
	50	14.6
	55	13.8
	17 00	12.8
	10	11.0
	20	9.0
	30	7.6
	40	7.2
	50	6.8

以上の結果を第4図に示した。

これによれば, 放射能強度曲線は未だ $^{15}\text{P}^{32}$ を含む水が到着しない時は, 大体一定値 47/分程度の値を示しているが, 15^h40^m 頃より増大し始め, 16^h50^m 頃極大に達



第4図 福島県田村郡入水における $^{15}\text{P}^{32}$ の実験結果 (下部の数字は採水時間—Sampling time)

し、その後減少を示している。ここに測定値のバラツキはやや大であるが、これは使用した計算管が試作品のため、温度効果等によるものではないかと思われる。

なお日没のため 17^h20^m~18^h00^m に採集した水分の測定ができなかつたので、翌日 16^h20^m~18^h00^m のものの測定を行った。この場合においても極大は 16^h50^m 頃表われているので、大体この頃投入点の水が測定地点に流れきたつたものと認められる。これに要した時間は投入後 4^h13^m 位である。Cl⁻ 濃度の最大は 16^h42^m 頃で投入後約 4^h12^m である。

すなわち当所の水は、投入点と測定点との間は連絡しており、約 4^h10^m にて流れてきたことを示している。

以上2つの曲線において、 $^{15}\text{P}^{32}$ の曲線は Cl⁻ の曲線より減少は緩であり、これが $^{15}\text{P}^{32}$ による測定の一つの利点と思われる。この値が自然値に復するまでの時間は重要な問題であるが、採水容器(ビーカー)が不足したために測定を中止した。今後この種の測定には充分多数の採水容器の準備の必要が認められる。

なお Cl⁻ 濃度は投入の際C点における最大値 1100 mg/l、測定点の最大濃度 15.4mg/l にて約 71.5:1 の比となつている。すなわち、投入点の水が測定点においては約 70 倍となつている。なお地下水の Cl⁻ は 3.5mg/l、PH 7.6 である。 $^{15}\text{P}^{32}$ については測定器が不足のため、投入点における値を測定できなかつたのは遺憾であつた。

6. 使用した $^{15}\text{P}^{32}$ の壊変曲線

使用した R. I. が実際 $^{15}\text{P}^{32}$ であるかどうか、他の R. I. を含んでいないかどうか、を知るために使用した R. I. の壊変曲線を求めてみた。

資料: 使用液約 5c.c. を資料皿にとり、これを蒸発乾固して、固形となし、これを資料として用いた(5月¹0日)。

測定法; 日立製β線用ガイガー・ミュラー計数管(自然計数約331分)を用い、前記の資料につき約20日間 にわたつてその減衰を測定し、(測定時間20分、距離は20cm) $^{15}\text{P}^{32}$ の壊変曲線と比較検討した。

測定結果は第4表に示した。

第4表

月/日	測定値*
5/14	6.56
5/15	6.10
5/17	6.02
5/18	5.76
5/21	4.55
5/23	4.16
5/24	4.11
5/25	3.68
5/26	3.78
5/28	3.52
5/29	3.74
5/30	3.24
6/2	3.38
6/5	2.71
6/6	2.45

* 測定値は自然計数の倍数にて示した

以上の結果を $^{15}\text{P}^{32}$ の壊変と一致しているかどうかを検討するため、 $^{15}\text{P}^{32}$ の理論的壊変曲線とともに図示すると第5図のようになる。

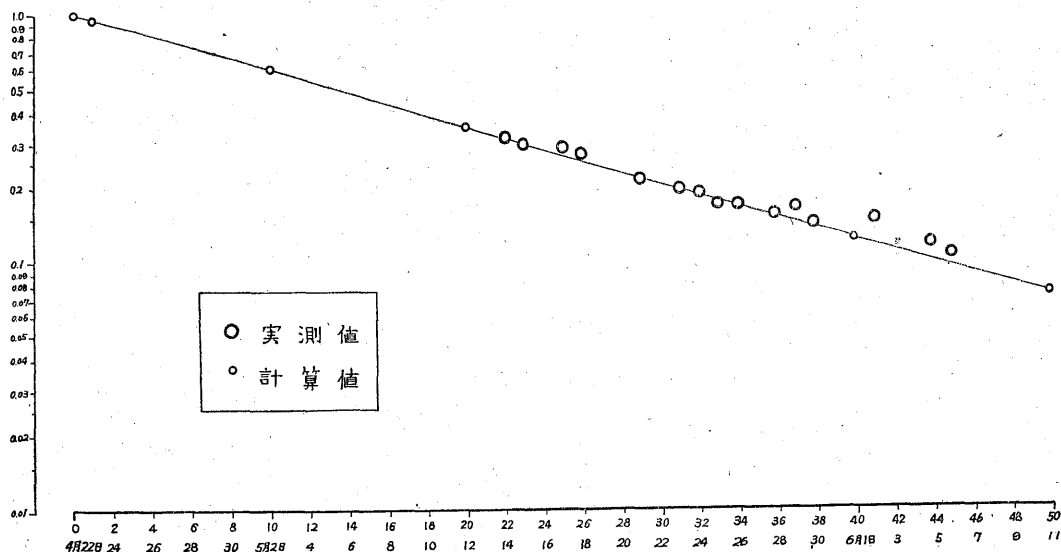
図において測定値は、初めの間は $^{15}\text{P}^{32}$ の曲線に大体良く一致しているが、その後の値がやや大きくなり、 $^{15}\text{P}^{32}$ の曲線の上部に分布していることが認められる。

この傾向の原因を考察すると、初め頃は室内温度の昇降が観測中ほとんど認められず、23日まで 20°C~21°C の間にあり、ほぼ一定の室内温度を保つていたが、24日から 23°C に上昇しはじめ、25日からはさらに急激に、27°C に上昇し、甚だしい時は(5月25日・6月2日等)は 30°C までになり

室温が一定に保ち得ず、かつ常に変化していた悪い状態にあつた。

そのために

- 1) 計数管の温度効果をきたした。
- 2) 高圧電線用乾電池が温度上昇によりある程度の電圧上昇をきたした。
- 3) 増巾器が変化を起した。



第5図 使用せる $^{15}\text{P}^{32}$ の衰変曲線

また別に

4) 実験室が全然 R.I. を取扱うに不備のため汚染を生じた。

等の諸原因が一応考えられる。この中で 2) 3) はほとんど除外しても差支えないと思われるので、一応 1) と 4) が原因しているように推定される。そして今のところこれら 2つの原因が相重っているのが、あるいは個別にどちらかが影響しているのか、判然とつかむことはできないが、これらが原因していることが考えられ、またこれらが原因しているものならば、この程度のずれが期待できるので、測定値は大たいにおいて $^{15}\text{P}^{32}$ の曲線上にあるものといえるものと思われ、従つて使用した R.I. は $^{15}\text{P}^{32}$ であつたといひうるものと思われる。

7. 結 論

放射性同位元素 $^{15}\text{P}^{32}$ を実地に使用して、福島県田村郡の石灰岩地帯において、地下水路の探査を行った。

その結果約 1.2km はなれた両地点の水が、地下において連絡しており、約 4 時間余にして $^{15}\text{P}^{32}$ の影響が表われることが認められた。

今回の研究は R.I. をこの種探査に用いうる 1つの実例であつて、本地域の水に対して CI はによつてもほぼ同様な結果が得られた。

しかし R.I. を使用するに際しては、放射線の性質・半減期・エネルギー・化学的性質等も考慮して、適當の R.I. を選択することにより、他の方法の適用され得ない場合における適用をも期待できるので、将来この種探査の研究の必要性は十分と認められる。

(昭和 27 年 4 月調査)

参 考 文 献

- 1) 科学 1951 No.5
- 2) 放射性同位元素の安全取扱法 (科学技術行政協議会同位元素部会において承認されたもの)
- 3) Sin Isotopic Tracers and Nuclear Radiations 1949. McGraw-Hill.
- 4) Schweitzer, Whitney Radioactive Tracer Techniques 1949 Van Nostvand co. p. 109