

パソコンを用いた比色計による環境調査の教材化

—中学校の選択理科における環境教育の実践—

鳥取大学教育学部理科教育	杉	本	良	一
大阪府教育センター	紺	野	昇*	
富田林市立藤陽中学校	鳥	海	重	治**

Study on the teaching material for air pollution investigation with computer
-Introducing quantitative environmental science for lower secondary school-

Ryoichi SUGIMOTO, Noboru KONNO*, Shigeharu TORIUMI**

1. はじめに

1.1. 環境教育への期待と理科における教育実践

地球温暖化やオゾン層の破壊など地球規模の環境問題が顕著になり、学校教育における環境教育推進の重要性が指摘され、積極的な推進が図られるようになってきた。文部省の環境教育指導資料¹⁾(以下指導資料という)には、環境教育の方法として、理科をはじめとする各教科での環境に関わる内容の充実と、環境に関連する体験的な教育活動や問題解決学習を重視することをあげている。また、指導資料の中学校・高等学校編²⁾では、中学校の生徒には環境にかかわる事象に直面させ、具体的に認識させるとともに、因果関係や相互関係の把握力、問題解決能力の育成を図ることを明記している。

また、学習指導要領の理科の教育目標には、観察・実験を行って自然についての理解を深め、探究的な能力の育成と科学的な考え方の養成を挙げており、この目標で培われる資質が環境教育に大きく貢献できると期待されている。

一方、現在の小・中学校の理科における環境教育の実践例³⁾を見ると、水生昆虫の観察など自然観察による環境調査、水のおい・濁りやパックテストなどの簡単な科学的手法による環境調査などが主なものである。

一般的に小・中学校の学習活動の中では、滴定法や比色法などを用いて汚染物質の濃度を定量的に分析することは困難であると考えられ、自然環境の中の汚染物質を科学的かつ正確に求めるような学習活動はあまり行われなかった。生徒自身によって簡単に汚染物質の分析ができるシステムが

Department of Science Education, Faculty of Education, Tottori University

* Osaka Prefectural Education Center

** Tōyō Lower Secondary School

あると、環境調査の経験を通して、自分たちの学校や家庭など日常生活での、人間活動と環境の関わりについて学ぶことができる。

1.2.教育におけるコンピュータの導入と環境教育へのコンピュータの活用

現在、高度情報化社会に対応する教育の必要性が高まってきており、ここ数年全国の小・中学校にコンピュータが積極的に導入されている。学習指導要領の教育目標では、情報活用能力の育成が取り上げられ、各教科の共通目標には「情報の理解、収集、選択、処理などに必要な能力、及びコンピュータ等の情報手段を活用する能力や態度の育成が図られるように配慮する」とあげている。

表1 コンピュータの普及率と設置台数,操作の可能な教員の変遷

項目	普及率(%)		設置台数(台)		操作可能教員数(%)	
	小学校	中学校	小学校	中学校	小学校	中学校
平成元年	21.0	44.8	3.0	4.3	7.7	14.5
平成2年	30.9	58.9	3.1	5.5	10.1	18.3
平成3年	41.0	74.7	3.3	8.3	12.8	22.8
平成4年	50.2	86.1	3.8	12.8	15.3	29.7
平成5年	57.7	94.7	4.3	19.2	20.2	36.0
平成6年	66.1	98.4	5.3	22.1	24.4	41.5

(文部省による統計調査)

定量的な環境調査で用いられる比色計をコンピュータで制御すると、比色計の補正および測定値からの濃度変換処理など、複雑な手順が自動化できる。このように、自動化したパソコンと比色計のシステムを知的ツールとして用いることで、環境調査での高度な定量分析が極めて簡単に行える可能性がある。

1.3.本研究の目的

今回、パソコンと組み合わせた安価で簡単に自作できる比色計を用いて、身の回りの環境における各種の汚染物質を生徒自身の操作で行う分析システムを開発し、中学校での大気汚染調査の教材化を試みた。

具体的には、生徒が自分たちの回りの大気汚染を調査し、得た情報を有効に処理するなど、主体的な取り組みを通して環境と環境保全への意識を高める学習指導法を実践研究した。

今回の研究目的は、次のとおりである。

- ①大気汚染の原因の一つである二酸化窒素や、水質汚染の物質であるリン酸イオン・亜硝酸イオンなどの濃度を簡単に求める教具システムを開発する。その方法として、マウスインターフェースで接続するパソコンを用いた安価な比色計を作成する。
- ②自作の比色計を制御し、測定したデータの整理を行うパソコンソフトを開発する。比色計で測定したデータを対象物質の濃度に変換するソフトと、データを処理しグラフ化するソフトを開発する。
- ③本システムを有効に活用する学習指導計画を立て、環境教育における主体的な情報活用能力の育成を図る教育実践を行い、その結果を分析する。

2. 計測システムの製作と測定結果

2.1. 比色計の製作

今までに報告されたパソコンを利用した比色計の例⁴⁾は、A/D変換器(費用:2万~10万円)を使うために装置が複雑で、価格的にも学校での導入は困難である。

そこで、A/D変換器を使わないマウスインターフェース⁵⁾を使用した簡単な構造の比色計(写真1)を自作した。比色計の材料には、写真のフィルムケースやポリエチレン製の試薬瓶を使うなど可能な限り費用の軽減を図る。今回作成した教具全体の製作費用は二千円以内である。

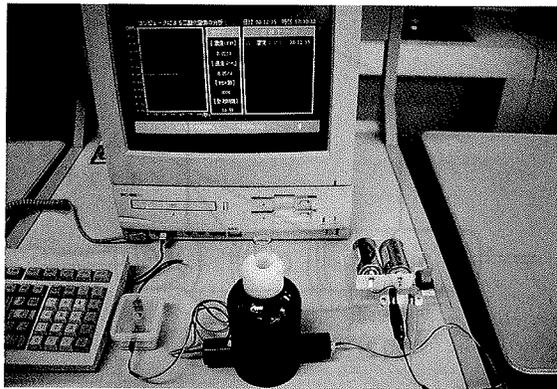


写真1 本計測システム

2.1.1. 比色計本体の製作方法

①500mlのかけ色ポリエチレン製試薬瓶の底を切り取り、下の方に図1のようなフィルムケースが通る大きさの孔を2つ開ける。ふたには、試験管(径18mm)が通る孔を開ける。

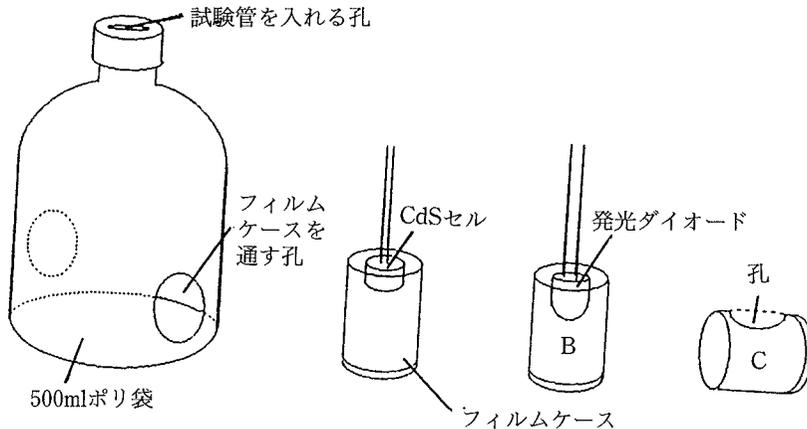


図1 比色計の部品図

② CdS セル(浜松ホトニクス P368 径8mm), 発光ダイオードをそれぞれのフィルムケースの底の中央に接着剤で固定する。発光ダイオードの種類は, 測定物質により赤色(リン酸イオン分析用: LT-9507 D 7.5φ) と緑色(二酸化窒素および亜硝酸イオン分析用: GL5G8 5φ) を使い分ける。

試験管受け用のフィルムケースは底を切り取り, 側面に試験管が入る大きさの孔を開ける。

③ フィルムケースのふたは, 2つを背中合わせに接着し, その中央に径13mm程度の孔を通す。このジョイントを2組作成する。

④ 図2のようにポリ製薬瓶の孔に, 発光ダイオードと CdS セルのフィルムケースを差し込み, その間に②の試験管受け用フィルムケースをはさみ, ③の2組のジョイントで接続する。

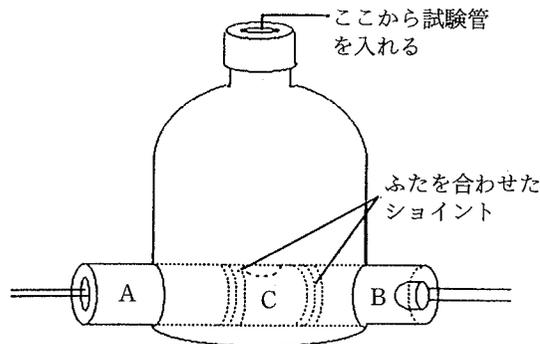


図2 比色計の組立図

2.1.2. マウスインターフェースの製作方法

①回路図(図3)にしたがって, プリント基板に IC(タイマー IC555)と電解コンデンサー(25V, 22μF 程度), 抵抗(20Ω 程度)を接続し配線する。

②インターフェースを小型のプラスチックケースに入れ, 比色計本体とマウスコネクタを接続する。

なお, 発光ダイオードの電源にはアルカリ乾電池2個を用いる方法と, パソコンの5V電源を利

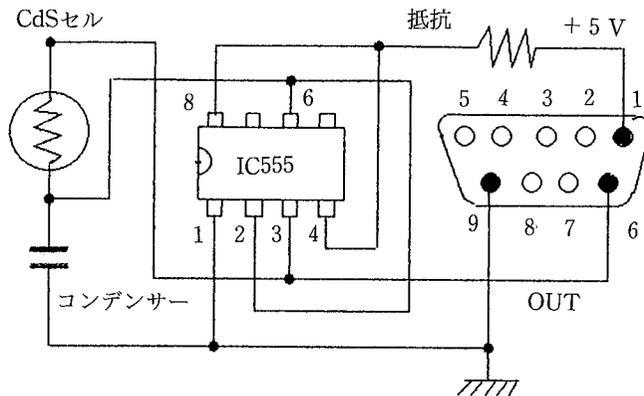


図3 インターフェース回路図

用する方法が可能である。

2.2. ソフトウェアの製作

本システムのソフトは、計測部分とデータ処理部分とからなり、生徒が簡単に使用できるように操作性を重点に開発した。開発言語は、MS・DOS 版 N-88BASIC(86) 言語である。

2.2.1. 計測ソフトの機能

- ①使用前に標準溶液を用いて検量線を作成し登録する。測定する際には、水を使って検量線を自動補正する。
- ②取り込んだデータから、登録している検量線により測定対象物質の濃度に変換し表示する。大気中の二酸化窒素の濃度は、赤羽根⁹⁾が報告した換算係数により算出し表示する。赤羽根は写真のフィルムケースを用いた測定システムで得られる亜硝酸イオン濃度と、実際の大気中の二酸化窒素濃度との関係を調べ、換算係数を求めた。
- ③測定場所のコード番号別にデータを保存する。

2.2.2. データ処理ソフトの機能

- ①記録データをグラフに表示する。表示するデータは、測定した場所や測定した日時で自由に選択できる。
- ②保存データの削除や、データの修正などの処理を行う。

2.2.3. ソフト開発の留意点

- ①画面の指示により操作は対話形式で行い、数字キーとリターンキーだけの扱いで測定できる。(操作性の向上)
- ②較正データの補正を自動化する。(操作手順の簡略化)
- ③測定結果は濃度として数値表示する他、視覚的に理解しやすいグラフも表示する。(測定結果の分かりやすさ)
- ④測定したデータはディスクに保存し、必要に応じて簡単に呼び出せる。(測定値のデータベース化)

2.3. 測定方法

2.3.1. 大気中の二酸化窒素の測定

二酸化窒素の測定にはザルツマン法⁷⁾を用いる。二酸化窒素の採取器は、写真のフィルムケースを用いて作成する。幅 2 cm のクロマトグラフィ用のろ紙を 9 cm 程度切り、フィルムケースの内面にセロテープで固定する。これに飽和炭酸カリウム溶液を 5 滴しみこませ、測定場所にこの採取器を下向きに 1 日固定する⁸⁾。大気中の二酸化窒素は、次式のとおり亜硝酸塩及び硝酸塩として取り込まれる。



採取後、ザルツマン試薬 15 cm³ を加え、赤紫色に発色させる。15 分間放置後に試験管へ移し、比色計で測定する。

2.3.2. 河川中の亜硝酸イオンの測定

採取した水をろ過し試料水を 10 cm³ 取る。ザルツマン試薬を 10 cm³ 加え発色させた後、同様に比色計で測定する。

2.3.3. 河川中のリン酸イオンの測定

リン酸イオンはモリブデンブルー法⁹⁾によって測定する。まず、ろ過した試料水を 10 cm³ 取り、モリ

ブデン酸アンモニウム混液を9.5cm³と、塩化第一スズを0.5cm³加え、15分間放置し青色に発色させる。その後、比色計で測定する。

2.4. 本比色計を使った測定の結果

大和川の奈良県の上流から大阪湾の下流に至る6か所で水を採取し(平成6年9月23日)、亜硝酸イオンとリン酸イオンについて本比色計と分光光度計(島津 UV240)を用いて水質検査を実施した。リン酸イオンは、すべての測定場所で測定できる程の濃度は検出されなかったが、亜硝酸イオンの濃度が表2のとおりであった。この結果から、本比色計の性能と分光光度計とを比較したところ、本システムは、汚染物質の測定に十分使用できることが分かった。

表2 自作比色計と分光光度計による大和川の亜硝酸イオン濃度の調査(ppm)

測定値	比色計	光度計
A：奈良県法隆寺付近	0.453	0.412
B：柏原市下水集中場前	1.116	1.044
C：藤井寺市大井橋付近	0.628	0.622
D：大阪市平野区高野大橋	0.762	0.720
E：大阪市住吉区吾彦大橋	0.522	0.520
F：大阪市住之江区阪堺橋	0.830	0.798

3. 本システムを用いる学習指導

本システムによる学習のねらいは、生徒自身が科学的手段により自分たちが生活している身近なレベルで汚染物質を調査し、自分たちの回りの環境について理解するとともに、人間活動と環境との関わりを学ぶことである。

本システムを用いる具体的な指導内容は次のとおりである。

3.1. 大気汚染調査の教材化

酸性雨の原因の一つで有害な二酸化窒素は、交通量の多い道路に近いほど濃度が大きいと考えられる。車の排気ガスが二酸化窒素の発生原因の一つであることを理解するために、次のような指導があげられる。

- ①車の通行量の多い道路沿いから学校の構内及び教室まで、一定間隔で採取器を設置する。大気中の二酸化窒素の濃度と道路との位置関係を調べ、車の影響を考察させる。
- ②採取器を子供の自宅に設置し、校区全体の広い範囲で汚染状況の調査を行う。この結果、工場のボイラーなど車以外の発生源があるかどうかを調査する。他に、家の外と内での濃度の違いに気づかせる。
- ③クラブ活動などにより、長期観測を続ける。汚染状況の季節による変化や、気候による影響などが考察ができる。

3.2. 水質汚染調査の教材化

排水に含まれる窒素やリンは、海域での赤潮や琵琶湖のアオコなど環境問題の原因となっている。家庭排水などで出されるアンモニアは、河川を流れる過程で酸化され、亜硝酸イオンから硝酸イオンへ変化するが、この亜硝酸イオンはザルツマン試薬によって簡単に検出でき、河川における窒素汚染の目安の一つになる。アンモニアなどの窒素を多く含む下水が排出されている河川では、亜硝酸イオン濃度は高いと考えられる。一方、琵琶湖の富栄養化で問題となっているリンは、最近の無リン洗剤の普及により河川水中のリン酸イオン濃度は減少している傾向にある。

河川水の中の亜硝酸イオンやリン酸イオンの測定は、水資源の大切さと下水処理の必要性を認識させるために有効な教材となる。そこで、次の学習があげられる。

- ①学校付近の身近な河川水を採取し、亜硝酸イオンとリン酸イオンの分析を行い、水質を調査する。測定位置と測定結果の比較により、汚染の状況やその変化、自然の浄化作用などを観測できる可能性がある。
- ②クラブ活動などにより、学校区域外や固定した測定場所の長期間の水質調査を行う。この結果、汚染状況の分布の他に、季節や場所的な変化などが観測できる。

4. 本システムを用いた授業実践

4.1. 研究授業の実践校および対象学年

平成6年9月9日、大阪府富田林市内の公立T中学校において研究授業を実践した。授業は3年生の選択理科で行い、対象生徒数は36人であった。

4.2. 実践単元と単元の目標

中学校の理科で行う環境教育は、第1分野の「科学技術の進歩と人間生活」で扱える他に、多様な学習展開が行える3年生の「選択理科」の課題研究として扱うことができる。今回、自作比色計システムを用いた環境調査は、「選択理科」の授業において1時限の枠で実施した。

本単元の学習目標は、学校周辺における大気汚染の調査を行い、大気汚染と車の排気ガスとの関係について学び、環境と環境保全に対する意識を高めることである。

4.3. 授業内容とその結果

学習実施の前日に学校の駐車場、道路横のグランド端、校舎(1階と3階)に二酸化窒素の採取容器を数個ずつ設置する。各班毎(1班あたり3~4人)に2個ずつ採取した試料を分析し、測定した二酸化窒素濃度は、容器設置場所を記した校舎地図(図4)に記入する。その後、汚染状況から、二酸化窒素の発生原因とその対策について考察させた。

この結果、表3のとおり交通量の多い道路沿い、および学校の駐車場で高い濃度の二酸化窒素を検出した。その原因について生徒に考えさせたところ、容易に車と二酸化窒素の発生の関係を理解させることができた。

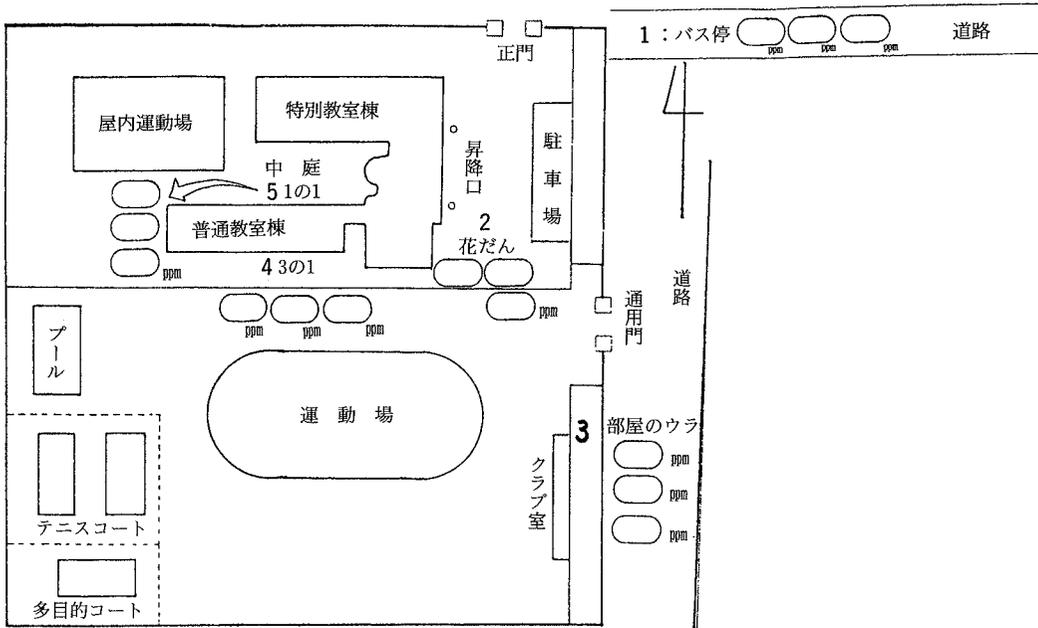


図4 中学校で用いた測定値の記入プリント

表3 富田林市立T中学校で測定した大気中の二酸化窒素
(単位ppm)

採取容器の設置場所	サンプル1	サンプル2	サンプル3
校内の駐車場の横	0.0577	0.0521	0.0464
道路横のグラウンド	0.0750	0.0615	0.0528
1階の教室内	0.0354	0.0286	0.0269
3階の教室内	0.0192	0.0175	0.0140

4.4. 授業後の生徒の意識調査

4.4.1. パソコンを用いた授業に対する生徒の意識

授業後、アンケート調査によりパソコンを使った授業に対する生徒の意識を調査した。表4のとおりパソコンを使った授業が楽しいと回答した生徒は90%に達した。また、パソコンを用いた環境

表4 パソコンを使った環境調査の授業アンケート集計 (対象36人)

1. パソコンを使った授業を、普通の授業と比べて楽しいか。		
A. 楽しい	B. ふつう	C. 楽しくない
90%	5%	5%
2. パソコンを使った環境調査(空気の汚れを調べる)の授業は楽しいか。		
A. 楽しい	B. ふつう	C. 楽しくない
75%	25%	0%

表 5 授業後の感想 (自由記述による一部)

(1). パソコンに関して
1. コンピュータで空気の汚れがわかるなんてすごいと思った。
2. ボタン一つで測定データが出てきたのに感動した。
3. パソコンを使って、もっといろいろな汚れを調べたい。
4. パソコンを使って、いろいろな実験がしたい。

調査の授業については、75%の生徒が楽しいと回答した。

この結果と、自由記述によるアンケートの集計 (表 5) から、パソコンを活用した授業および環境調査は、生徒の興味や関心を高め学習意欲を向上させる点で効果があった。

4.4.2. 授業前後における環境への意識

授業の前後における環境に対する生徒の意識変化を調査したところ、授業前に「環境への意識をもつか」という質問に対して、最も多い回答は「少しあった」の40%で、次に「あった」の35%である。一方授業後、「空気や水の汚れに関心が高まったか」という質問に対して、「高まった」が75%で、「少し高まった」を合わせると100%になった。

表 6 授業前後における環境に対する意識のアンケート集計 (対象36人)

3. 授業前に、空気や水の汚れについて心配や意識をしたことがあったか。			
A. あった	B. 少しあった	C. あまりない	D. 全然ない
35%	40%	15%	10%
4. 授業後に、空気や水の汚れについて関心が高まりましたか。			
A. 高まった	B. 少し高まった	C. あまりない	D. 全然ない
75%	25%	0%	0%

表 7 授業後の感想 (自由記述による一部)

(2). 環境調査に関して
1. 汚くした所は人間が汚したのだろう。水の汚れや大気の汚れなどの将来について心配や関心をもちたい。
2. 学校内でも空気のきれいな所と、汚い所があった。今まで全然意識しなかったが、これから意識する。
3. 人間の活動が空気を汚していると思った。
4. どの程度空気が汚れているか分かった。空気をこれ以上汚さないようにすべきと思った。
5. 思ったより空気の汚れが大きかった。もっと実験をして空気や水の汚れについて考えたい。
6. 富田林でこれだけ汚れているのだから、車の多い大阪市はどんなに汚いのだろうか。調査してみたい。
7. 空気を初めとして自然を大切に、共に生きることを考えた。
8. 自動車の多く通る所は空気が汚れ、二酸化窒素が多いことが分かった。
9. 二酸化窒素が、どのような所にあるか分かった。

また、表7の感想の結果から、生徒は自分たちの回りにある空気の汚れについて、単に汚れているだけではなく、定量的な汚れの程度を理解していると思われる。

さらに発展として他の地域での大気汚染の調査にも意欲的で、環境に対する意識の向上がみられた。

5. おわりに

地球環境の問題が取り上げられる中で、生徒の身近なレベルで環境に対する理解を深め、それを出発点として地域レベルの環境、都道府県レベルの環境、日本の環境、世界の環境、地球規模の環境へと発展させる方法が中学校における環境教育の望ましい手法と考える。したがって、身近なレベルで環境を調べることは、環境調査における原点である。

今回の実践では、コンピュータと自作の比色計を用いた教具システムにより、科学的な環境調査が容易に行われることが分かった。この環境調査により、生徒の身近なレベルで環境と環境保全に対する意識を高めることをねらいとした「人間活動と環境の関わりを認識する」という本指導目標は、十分に達成できた。

最後に、コンピュータを環境測定ツールとして用いた今回の学習活動は、生徒に受け入れられ、学習指導要領に明記されている「情報活用能力の育成」を図る有効な方法の一つであると考えられる。

引用文献

- 1) 文部省、環境教育指導資料（小学校編）、大蔵省印刷局、1993
- 2) 文部省、環境教育指導資料（中学校・高等学校編）、大蔵省印刷局、1993
- 3) 山極隆、中学校で進める環境教育、明治図書、1993、p10
- 4) 清水一幸・天良和男、化学と教育、39、566(1991)
- 5) 杉本良一、化学と教育、41、558(1993)
- 6) 赤羽根充男、大阪府高等学校理化教育研究会紀要、28、79(1991)
- 7) 化学実験テキスト研究会編、環境化学、産業図書、(1993)、p28～29
- 8) 工業用水試験方法 JIS K0102、(1974)、p86

英文要約

SUMMARY

Study on the teaching material for air pollution investigation with computer —Introducing quantitative environmental science for lower secondary school—

Present course of study aims at converting to the hands-on science from the rote learning science. It is necessary to introduce the point of view into the science education from which it stand in the aspect of an environmental education. We investigated about a teaching material of environment education which surrounded children of the lower secondary student. They promote a scientific view and the idea through the experience of a scientific analysis to a natural environment.

The teaching tool system by which the child investigated air pollution by a scientific method with a computer was developed as a simplified method by using mouse interface. The study guidance method which used the system was also researched.

As a consequence, the following has been understood.

- 1 We can make a quantitatively and a mathematical principle environmental investigation in the lower secondary teaching material.
- 2 This teaching material treats and the content can be deepened wide of environmental study.
- 3 In an environmental investigation with a computer, the primary procedure of a complex analysis method can be simplified. The density of the contaminant can be easily obtained.
- 4 This teaching material has working by which the understanding of the measurement by student is proceeded.

(1995年 4 月30日受理)

題名：NO₂測定ソフト

```

1000 'save "NO2-1",A
1010 '*****
1020 ' 比色濃度計測 PC-9801 マウスインターフェース使用型
1030 ' 試料濃度の計測 補正型 ギルツマン試薬によるNO2(PPM)測定
1040 ' フルメニュー タイプ
1050 ' 大阪府教育センター 紺野 昇 1994.09.05
1060 '*****
1070 DEF SEG =&H8000
1080 SCREEN 3,0:COLOR 7,0,,2:CONSOLE 0,25,0,1:WIDTH 80,25
1090 '
1100 CLS 3:DIM X(1000),W(100,2),WDS(100)
1110 '
1120 COLOR =(8,&HB)
1130 COLOR =(9,&HAB)
1140 HA=0 '補正值初期化
1150 TM=1 '測定時間間隔
1160 CO=6
1170 DR$=""
1180 '
1190 ON STOP GOSUB *DERU:STOP OFF
1200 '
1210 GOSUB *FILEINP
1220 '
1230 GOTO *SHORI
1240 '
1250 *OWARI:END
1260 '
1270 *WAK '表示画面
1280 TIS="コンピュータによる二酸化窒素の分析"
1290 TIME1$="":DATE1$=""
1300 CLS 3
1310 LINE(0,0)-(639,348),8,BF
1320 LINE(0,354)-(639,399),9,BF
1330 WY1=40:WY2=315:WX1=52:WX2=262 '図の左上 Y軸位置
1340 LINE(WX1,WY1)-(WX2,WY2),0,BF
1350 LINE(WX1,WY1)-(WX2,WY2),7,B
1360 LINE(WX1-1,WY1-1)-(WX2+1,WY2+1),7,B
1370 '
1380 FOR I=1 TO 11
1390 LINE(WX1,WY1+25*I)-STEP(WX2-WX1,0),5,,&H8888
1400 NEXT I
1410 LINE(WX1,WY1+25*5)-STEP(WX2-WX1,0),2,,&H8888
1420 FOR I=WY2 TO WY1 STEP -5
1430 LINE(WX1,I)-STEP(5,0),7
1440 NEXT I
1450 FOR I=WX1 TO WX2 STEP 30
1460 LINE(I,WY1)-(I,WY2),5,,&H4040
1470 NEXT I
1480 '
1490 WX3=274:WX4=380
1500 LINE(WX3,WY1)-(WX4,WY2+10),0,BF
1510 LINE(WX3,WY1)-(WX4,WY2+10),7,B
1520 LINE(WX3-1,WY1-1)-(WX4+1,WY2+11),7,B
1530 LINE(WX3,WY1+28)-(WX4,WY1+28),7:PAINT(WX3+20,WY1+10),9,7
1540 '

```

```

1550 WX5=392:WX6=612
1560 LINE(WX5,WY1)-(WX6,WY2+10),0,BF
1570 LINE(WX5,WY1)-(WX6,WY2+10),7,B
1580 LINE(WX5-1,WY1-1)-(WX6+1,WY2+11),7,B
1590 LINE(WX5,WY1+28)-(WX6,WY1+28),7:PAINT(WX5+20,WY1+10),9,7
1600
1610 GOSUB *HOUJI
1620 GOSUB *YOKO
1630 RETURN
1640
1650 *HENKAN
1660 CM1=.0002:CM2=.1
1670 MOS(1)=STR$(CM1):MOS(2)=STR$(CM2)
1680 LN(1)=LEN(MOS(1)):LN(2)=LEN(MOS(2))
1690 FOR R=1 TO 2:XP=0
1700   IF R=1 THEN RR4=CM1 ELSE RR4=CM2
1710   IF RR4>=1 THEN GOTO 1820
1720   FOR I=2 TO LN(R)
1730     X$=MID$(MOS(R),I,1)
1740     IF X$="0" OR X$="." THEN XP=XP+1 ELSE GOTO 1760
1750   NEXT I
1760     RR1=VAL(X$)
1770     IF R=1 THEN CR(R)=.1^XP*RR1:GOTO 1880
1780     XX=VAL(MID$(MOS(2),I+1,1))
1790     IF XX<5 THEN CR(R)=.1^XP*RR1 ELSE CR(R)=.1^XP*(RR1+1)
1800     GOTO 1880
1810
1820   IF R=1 THEN RR2=INT(CM1) ELSE RR2=INT(CM2)
1830   XP=LEN(STR$(RR2))-1:RR5$=MID$(STR$(RR2),2,1)
1840   RR3=VAL(RR5$)
1850   IF R=1 OR XP=1 THEN CR(R)=RR3*(10^(XP-1)):GOTO 1880
1860   RR6=CINT(RR2/(10^(XP-2)))
1870   CR(R)=RR6*(10^(XP-2))
1880 NEXT R
1890 DSA=CR(2)-CR(1):DSA2=CR(2)/CR(1)
1900 IF CR(1)<1 THEN GOTO 1930
1910   IF DSA<11 THEN CC1=CR(1):CC2=CC1+10:TT=1:GOTO 1970
1920   CC1=CR(1):TT=CINT(DSA/10):CC2=CC1+10*TT:GOTO 1970
1930
1940   IF DSA2<11 THEN CC1=CR(1):CC2=CC1*10:TT=CC1:GOTO 1970
1950   DSA3=CINT(DSA2/10)*10
1960   CC1=CR(1):CC2=CC1*DSA3:TT=CC1*DSA3/10
1970 RETURN
1980
1990 *TATE
2000 LINE(4,WY1-6)-(WX1-1,WY2+4),8,BF
2010 GOSUB *HENKAN
2020 ICH=WY2-5
2030 MAXW=0:FOR I=1 TO 11
2040   QQ=CC1+(I-1)*TT
2050   IF QQ>1 THEN TILL=LEN(STR$(QQ))-1 ELSE TILL=LEN(STR$(QQ))
2060   IF TILL>MAXW THEN MAXW=TILL
2070   NEXT I
2080   TIL=TILL
2090   IF TIL>=4 THEN TIN=4 ELSE TIN=TIL
2100   LO=(4-TIN)*8+8
2110 FOR I=1 TO 11
2120   Q=CC1+(I-1)*TT

```

```

2130 L1=ICH
2140 TIT$=STR$(Q):LLL=LEN(TIT$)
2150 IF Q<1 THEN TIT$="0"+MID$(TIT$,2,LLL-1):TITL$=LEFT$(TIT$,TIN):GOTO 2170
2160 TITL$=MID$(TIT$,2,TIN)
2170 IF Q>1 THEN TIL2=LEN(STR$(Q))-1 ELSE TIL2=LEN(STR$(Q))
2180 IF TIL2>=4 THEN TIN2=4 ELSE TIN2=TIL2
2190 IF TIN-TIN2>0 THEN LO=(4-TIN)*8+8*(TIN-TIN2) ELSE LO=(4-TIN)*8+8
2200 GOSUB *TITL
2210 ICH=ICH-25
2220 NEXT I
2230 WW1=250/(CC1-CC2)
2240 WW2=65-CC2*WW1
2250 RETURN
2260 '
2270 *YOKO
2280 LINE(WX1-2,WY2+2)-(WX2,WY2+18),8,BF
2290 FOR L=WX1 TO WX2-30 STEP 30
2300 L1=WY2+8:IF L=WX1 THEN LO=L-20 ELSE LO=L-24
2310 LL=(L-WX1)/2
2320 TITL$=STR$(LL)
2330 GOSUB *TITL
2340 NEXT L
2350 RETURN
2360 '
2370 *HOUI ' 画面表示
2380 CLS
2390 COLOR 7:LOCATE 7,1:PRINT TIS
2400 LOCATE 49,1:PRINT "日付 "+DATE$:
2410 LOCATE 64,1:PRINT "時刻 "+TIME$
2420 '
2430 LOCATE 30,20:PRINT "(秒)":LOCATE 1,2:PRINT "(PPM)":
2440 LOCATE 36,3:PRINT "測定データ"
2450 COLOR 7:LOCATE 35,5:PRINT "[濃度:ミリM]"
2460 COLOR 6:LOCATE 37,7:PRINT " 0 "
2470 COLOR 7:LOCATE 35,9:PRINT "[濃度:ppm]"
2480 COLOR 6:LOCATE 37,11:PRINT " 0 "
2490 COLOR 7:LOCATE 36,13:PRINT "[カット数]"
2500 COLOR 6:LOCATE 37,15:PRINT " 0 "
2510 COLOR 7:LOCATE 35,17:PRINT "[計測時間]"
2520 COLOR 6:LOCATE 37,19:PRINT " 0 秒"
2530 '
2540 COLOR 7:LOCATE 56,3:PRINT "記録データ"
2550 RETURN
2560 '
2570 *DATOUT
2580 FOR I=1 TO 15
2590 IF DTNO=<15 THEN I1=1 ELSE I1=DTNO-15+1
2600 LOCATE 49,4+I:COLOR 5:PRINT USING "###:":W(I,1);
2610 COLOR 7:PRINT "濃度 ";
2620 COLOR 5:IF W(I,2)<.001 THEN PRINT USING "#.#####:":W(I,2);:GOTO 2670
2630 COLOR 5:IF W(I,2)<10 THEN PRINT USING "#.###:":W(I,2);:GOTO 2670
2640 IF W(I,2)<100 THEN PRINT USING "##.##:":W(I,2);:GOTO 2670
2650 IF W(I,2)<1000 THEN PRINT USING "###.##:":W(I,2);:GOTO 2670
2660 PRINT USING "#####:":W(I,2);
2670 COLOR 7:PRINT W$(I1);
2680 IF DTNO=I1 THEN GOTO 2700
2690 NEXT I
2700 RETURN

```

```

2710 '
2720 *SHOKI
2730 FILE$=DR$+"IRO"+NOS+".IRO"
2740 OPEN FILE$ FOR INPUT AS #1
2750     INPUT #1, A, B, C1, N1, C2, N2
2760 CLOSE #1
2770 RETURN
2780 '
2790 *SHORI  ////////////////////////////////////////////////////////////////////
2800 GOSUB *WAK
2810 GOSUB *TATE
2820 LOCATE 1, 23:PRINT SPC(78);:LOCATE 5, 23
2830 COLOR 5 :PRINT "<<選択>> ";
2840 COLOR 5:PRINT " 1 :"; :COLOR 7:PRINT "濃度測定";
2850 COLOR 5:PRINT " 2 :";:COLOR 7:PRINT "検量線補正";
2860 COLOR 5:PRINT " 3 :";:COLOR 7:PRINT "検量線作成";
2870 COLOR 5:PRINT " 0 :";:COLOR 7:PRINT "終了";
2880 ASS=INKEY$:IF ASS="" THEN 2880
2890 LOCATE 1, 23:PRINT SPC(77);
2900 IF ASS=CHR$(13) OR ASS="1" THEN OPW=1:GOTO *DATINP
2910 IF ASS="2" THEN OPW=2:GOTO *DATINP
2920 IF ASS="3" THEN OPW=3:GOSUB *MAKE
2930 IF ASS="0" THEN GOTO *OWARI ELSE GOTO 2880
2940 '
2950 *DATINP 測定 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
2960 LOCATE 1, 23:PRINT SPC(77);:LOCATE 6, 23:COLOR 7
2970 IF OPW=1 AND HA=0 THEN GOTO 3050
2980 IF OPW=2 THEN GOTO 3020
2990 PRINT "<< 測定：試料を比色計に入れ、準備ができたら";:COLOR 5:PRINT " リターンキ-";
3000 COLOR 7:PRINT "で測定します。>>";:GOTO 3090
3010 '
3020 PRINT "<< 補正：水の入った試験管を比色計に入れたら";:COLOR 5:PRINT " リターンキ-";
3030 COLOR 7:PRINT "で補正します。>>";:GOTO 3090
3040 '
3050 PRINT "<< 検量線の補正ができていません。 ";:COLOR 5:PRINT " リターンキ- ";
3060 COLOR 7:PRINT "で、メニューに戻ります >>";
3070 ASS=INKEY$:IF ASS="" THEN GOTO 3070 ELSE GOTO *SHORI
3080 '
3090 ASS=INKEY$:IF ASS="" THEN 3090
3100 LOCATE 1, 23:PRINT SPC(76);
3110 '
3120 ON ERROR GOTO *EE
3130 GOSUB *SHOKI
3140 ON ERROR GOTO 0
3150 '
3160 CNT=0:CTT=0
3170 STOP ON
3180 '
3190 LOCATE 1, 23:PRINT SPC(70);
3200 COLOR 7:LOCATE 19, 23:PRINT "<< ただ今測定中。( ";:COLOR 5:PRINT "STOPキ-";:C
OLOR 7:PRINT "で計測を中止 )>>";
3210 '
3220 TM1=VAL(RIGHT$(TIMES$, 2))
3230 COLOR 7:LOCATE 64, 1:PRINT "時刻 "+TIMES$
3240 GOSUB *MOUSEIN
3250 TM2=VAL(RIGHT$(TIMES$, 2))

```

```

3260 IF TM2=TM1 THEN 3240
3270 IF TM2<TM1 THEN TM2=TM2+60
3280 TTT=TM2-TM1
3290 IF OPW=2 THEN GOSUB *IIN
3300 DAT=(LOG(COU)-HA)/B          '対数変化
3310 IF DAT<0 THEN DAT=0
3320 '
3330 BEEP 1
3340 CNT=CNT+1:IF CNT>1000 THEN GOTO *DERU
3350 CTT=CTT+TTT
3360 WWI=DAT*46*.0527          'ミモル濃度のPPM変換
3370 '
3380 YYT=WWI*WWI+WW2:IF YYT>WY2 THEN YYT=WY2
3390 IF CTT<105 THEN CIRCLE(CTT*2+WX1-1,YYT),1,CO,...,F:GOTO 3440
3400 IF CTT>105 AND CNT<210 THEN CIRCLE(CTT*2+WX1-208,YYT),1,CO-2,...,F:GOTO 3440
3410 WT=CTT MOD 105:IF WT=0 THEN WT=105
3420 CIRCLE(WT*2+WX1-1,YYT),1,CO-4,...,F
3430 '
3440 LOCATE 38,7:COLOR 6 :WI=DAT
3450 IF WI<.001 THEN PRINT USING ".####";WI;:GOTO 3500
3460 IF WI<10 THEN PRINT USING "#.####";WI;:GOTO 3500
3470 IF WI<100 THEN PRINT USING "##.###";WI;:GOTO 3500
3480 IF WI<1000 THEN PRINT USING "###.##";WI;:GOTO 3500
3490 PRINT USING "#####";WI;
3500 '
3510 LOCATE 38,11:PRINT USING "#.####";WWI;
3520 LOCATE 38,15:PRINT USING "##### ";COU
3530 LOCATE 38,19:PRINT USING "###";CTT
3540 BEEP 0
3550 '
3560 IF OPW=2 THEN GOTO *SHORI
3570 GOTO 3220          '測定継続
3580 '
3590 '////////////////////////////////////
3600 '
3610 *IIN
3620 LOCATE 1,23:PRINT SPC(70);
3630 COLOR 7:LOCATE 28,23:PRINT "* 補正を終了しました。*";
3640 CCC=.0001
3650 HA=LOG(COU)-B*CCC
3660 RETURN
3670 '
3680 *DERU
3690 STOP OFF
3700 IF OPW=2 THEN GOTO *SHORI
3710 LOCATE 1,23:PRINT SPC(70);
3720 COLOR 5:LOCATE 6,23:PRINT "<< 選択 >> ";
3730 COLOR 7:PRINT "1:測定データを記録 3:測定を終了   キー:測定継続";
3740 COLOR@(19,23)-(21,23),5
3750 COLOR@(41,23)-(43,23),5
3760 COLOR@(57,23)-(63,23),5
3770 ASS=INKEY$:IF ASS="" THEN GOTO 3770
3780 IF ASS="3" THEN GOTO *SHORI
3790 IF ASS=CHR$(13) THEN GOSUB *KESU:RETURN 3160
3800 IF ASS="1" THEN GOTO *KIROKU ELSE GOTO 3770
3810 '
3820 *KESU
3830 LINE(WX1,WY1)-(WX2,WY2),7,B

```

```
3840 PAINT(WX1+30,WY1+100),0.7
3850 FOR I=1 TO 11
3860 LINE(WX1,WY1+25*I)-STEP(WX2-WX1,0),5.,&H8888
3870 NEXT I
3880 FOR I=WX1 TO WX2 STEP 30
3890 LINE(I,WY1)-(I,WY2),5.,&H4040
3900 NEXT I
3910 RETURN
3920 '
3930 *KIROKU
3940 LOCATE 1,23:PRINT SPC(77);
3950 COLOR 7:LOCATE 8,23:PRINT "* 記録する";:COLOR 5:PRINT " 試料の番号 ";:COLOR
7:PRINT "を入力して下さい。(0で中止) => ";
3960 INPUT WNN
3970 IF WNN=0 THEN GOTO 3680
3980 LOCATE 1,23:PRINT SPC(77);
3990 COLOR 7:LOCATE 24,23:PRINT "* ただ今、データを記録中です.*";
4000 IF DTNO=0 THEN 4070
4010   FOR I=1 TO DTNO
4020     IF W(I,1)<>WNN THEN 4060
4030     GOSUB *MES2
4040     IF OPE=1 THEN GOTO 4070
4050     IF OPE=2 THEN GOTO 3940
4060   NEXT I
4070   DTNO=DTNO+1:W(DTNO,1)=WNN:W(DTNO,2)=WWI:WDS(DTNO)=DATES
4080   GOSUB *DATOUT
4090   FILS=DR$+"S-NO2.DAT"
4100   ON ERROR GOTO *ER1
4110   OPEN FILS FOR INPUT AS #1:INPUT #1,DUM:CLOSE
4120   ON ERROR GOTO 0
4130   OPEN FILS FOR APPEND AS #1
4140   WRITE #1,WNN,WWI,DATES
4150   CLOSE #1
4160   GOTO 3680
4170 '
4180 *ER1
4190 CLOSE
4200 OPEN FILS FOR OUTPUT AS #1
4210 RESUME 4140
4220 '
4230 *MES2
4240 LOCATE 2,23:PRINT SPC(77);:COLOR 6
4250 ON ERROR GOTO 0
4260 LOCATE 6,23:PRINT "<< 指定した番号は、既に登録されています。 1:上書き 2
:番号変更 >>";
4270 ASS=INKEY$:IF ASS="1" THEN OPE=1:GOTO 4290
4280   IF ASS="2" THEN OPE=2 ELSE 4270
4290 RETURN
4300 '
4310 *FILEINP '////////////////////////////////////
4320 NO$="NO2"
4330 ON ERROR GOTO *EE
4340 GOSUB *SHOKI
4350 ON ERROR GOTO 0
4360 RETURN
4370 '
4380 *TITL
4390 FOR AV=1 TO LEN(TITL$)
```

```

4400     GPO=ASC(MID$(TITL$,AV,1))
4410     PUT@(LO+AV*8,L1),KANJI(GPO+&H100),,7,0
4420 NEXT AV
4430 RETURN
4440 '
4450 *EE
4460 STOP OFF
4470 CLOSE:CLS 3
4480 COLOR 6:LOCATE 12,6
4490     PRINT "警告！ 指定した番号の検量線ファイルが記録されていません。"
4500 COLOR 7:LOCATE 14,11
4510     PRINT "ファイル番号を変更するか、ファイルを作成して下さい。"
4520 COLOR 6:LOCATE 20,16
4530     PRINT "リターンキー";:COLOR 7:PRINT " でメニューにもどります。";
4540 ASS=INPUT$(1)
4550 RUN *SHORI
4560 '
4570 '////////////////////////////////////
4580 *MAKE
4590 '           マウス端子使用 比色濃度計測システム 較正プログラム
4600 CLS 3
4610 LINE(20,0)-(620,16),1,BF:LOCATE 11,0
4620 COLOR 7:PRINT "<< マウス端子使用 簡易比色計の温度較正 プログラム >>"
4630 PRINT
4640 PRINT " *****
*****"
4650 PRINT "           この較正処理プログラムは計測する比色を測定し、光センサーの定数を"
4660 PRINT " 求めます。最初に、測定しようとする濃度範囲の最小濃度に設定して計"
4670 PRINT " 測します。"
4680 PRINT "  次に、最大濃度に設定して計測します。"
4680 PRINT " *****
*****"
4690 COLOR 6:LOCATE 4,10
4700 PRINT " 1.簡易比色計をコンピュータのマウス端子に接続してください。"
4710 COLOR 6:LOCATE 4,12
4720 PRINT "  確認したら、リターンキー を押して下さい。Nキーで中止します。";
4730 AS=INKEY$:IF AS="" THEN 4730
4740     IF AS="N" OR AS="n" OR AS="M" THEN GOTO *OWARI
4750 LOCATE 1,10:PRINT SPC(78);:LOCATE 1,12:PRINT SPC(78);
4760 COLOR 5
4770 LOCATE 4,10:PRINT " 2.測定予定範囲の最小濃度溶液(T0)を準備して下さい。"
4780 LOCATE 7,12:PRINT "準備した溶液濃度(単位はミリモル/リットル)を入力して下さい。=> ";
4790 INPUT C1
4800 WW=5:GOSUB *START:GOSUB *KEISAN1
4810     N1=COUNT
4820 '
4830 LOCATE 10,23:PRINT "* リターンキー で次の処理に進みます。";
4840 AS=INKEY$:IF AS="" THEN 4840
4850 '
4860 FOR I=10 TO 23:LOCATE 1,I:PRINT SPC(78);:NEXT I
4870 COLOR 4
4880 LOCATE 4,10:PRINT " 3.測定予定範囲の最大濃度溶液(T1)を準備して下さい。"
4890 LOCATE 7,12:PRINT "準備した溶液濃度(単位はミリモル/リットル)を入力して下さい。=> ";
4900 INPUT C2
4910     GOSUB *START:GOSUB *KEISAN1
4920     N2=COUNT
4930 '

```

```
4940 FOR I=10 TO 23:LOCATE 1,1:PRINT SPC(78);:NEXT I
4950 '
4960 *KEISAN2
4970 A=LOG(N1)-(LOG(N2)-LOG(N1))*C0/(C2-C1) :B=(LOG(N2)-LOG(N1))/(C2-C1)
4980 COLOR 7
4990 LOCATE 5,10:PRINT "濃度 =>";C1;" での測定カウント =>";N1
5000 LOCATE 5,12:PRINT "濃度 =>";C2;" での測定カウント =>";N2
5010 LOCATE 5,15:PRINT "測定した A 定数 =>";A;
5020     PRINT "     B 定数 =>";B;
5030 '
5040 COLOR 5:LOCATE 5,18:PRINT "<処理選択> ":COLOR 7
5050 LOCATE 24,18:PRINT " 1 : data を校正ファイルに保存し終了する"
5060 LOCATE 24,19:PRINT " 2 : 再度、校正処理を行う"
5070 LOCATE 24,20:PRINT " 3 : data を保存せず終了する"
5080 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 5080
5090     IF A$="1" THEN GOTO *FILESAVE
5100     IF A$="2" THEN GOTO 4600
5110     IF A$="3" THEN GOTO *SHORI ELSE 5080
5120 '
5130 '
5140 *START
5150 COLOR 6:LOCATE 60,12:PRINT "処理を実行中":COLOR 7
5160 FOR I=1 TO WW
5170     TM1=VAL(RIGHT$(TIMES$,2))
5180     GOSUB *MOUSEIN
5190     TM2=VAL(RIGHT$(TIMES$,2))
5200     IF TM2=TM1 THEN GOTO 5180
5210     LOCATE 20,I+12:PRINT "計測した COUNT( ";I;" ) = ";COU
5220     C(I)=COU
5230 NEXT I
5240 RETURN
5250 '
5260 *MOUSEIN
5270 IF INP(&H7FD9) AND &H80 THEN 5290 ELSE 5270
5280 '
5290 COU=0
5300 *S1:IF INP(&H7FD9) AND &H80 THEN GOTO *S1 ELSE GOTO *S2
5310 *S2:COU=COU+1
5320 *S3:IF INP(&H7FD9) AND &H80 THEN GOTO *S4 ELSE GOTO *S2
5330 *S4:'KT=KT+1:IF KT=1 THEN 4170
5340 RETURN
5350 '
5360 '
5370 *FILESAVE
5380 COLOR 6:LOCATE 24,22:PRINT "* ただ今、ファイルに記録中です.*";
5390 FI$="IRONO2.IRO"
5400 OPEN FI$ FOR OUTPUT AS #1
5410     WRITE #1,A,B,C1,N1,C2,N2
5420 CLOSE #1
5430 GOTO *SHORI
5440 '
5450 *KEISAN1
5460 MA=0:MI=30000:CC=0:CT=0
5470 FOR I=1 TO WW
5480     IF C(I)<MI THEN MI=C(I):XMI=I
5490     IF C(I)>MA THEN MA=C(I):XMA=I
5500 NEXT I
5510 FOR I=1 TO WW
```

```
5520  IF I=XMA OR I=XMI THEN 5540
5530  CC=CC+C(1)/100:CT=CT+1
5540  NEXT I
5550  COUNT=CC/CT:COUNT=100*COUNT
5560  RETURN
```