

2011年10月7日

山梨県環境整備センター安全管理委員会 御中

甲府市大手1丁目4-5-11

坂野 斎

山梨大学工学部 助教



私は山梨大学工学部電気電子システム工学科の教員をしております坂野 斎（ばんのいつき）と申します。教育では物理、コンピュータ、電気電子の実験実習を担当、研究では電磁気学や量子力学を用いた近接場光学（光源近傍の電磁場）の理論に携わっております。委員会のみなさまにおかれましては明野最終処分場の問題につきまして公共の視点からご尽力くださり、一県民としてお礼申し上げます。

今般の明野最終処分場の問題につきまして、科学的視点から以下の点をお伝えしたく、ここに意見書を提出させていただきます：

- (1) 正確な回路図や遮水シートの性能などの客観的情報の必要性、
- (2) 電気回路上アースされている測定線が陽極として働くことはないこと、
- (3) 遮水シートの強度実験で剪断応力の考慮が必要なこと、
- (4) 遮水シートが高分子材料であることを考慮した実験；長時間の荷重をあたえての塑性変形・クリープ破壊を見る実験が必要であること、
- (5) 遮水シートの穴が開いた原因の特定には、現在の実験結果や情報では不十分であること。

上記のことを考慮しますと、剪断応力（面に沿ってずるような力）が強く掛かる斜度をもつ処分場の構造と、そこに敷かれた遮水シートを銅線が交差して挟み込む検知システムの構造が重畳して穴開きの原因となった可能性があります。

この場合、今回の問題は明野最終処分場だけでなく全国の同様の構造をもつ処分場で時間とともに顕在化していく可能性があります。現時点は、この可能性を排除して、穴が開いた原因を施工時の事故に帰し、浸出水の漏れがなかったと結論づける段階ではないと思います。

科学的知見とともに公共の心を持って慎重なご判断をして下さることを、委員のみなさまにお願いする次第です。

次のページ以降に詳細を述べさせていただきます。

(1) 正確な回路図、遮水シートの性能、異常検知時の電流値など客観的情報を関係者が共有することが必要です。 科学的判断は、必要十分な情報を共有し、誰でもそこから同じ結果を再現できることで成立します。

- a. 検知システムの回路では、モデル図だけでなく回路図という一次情報を関係者が共有することが必要です。それには電源・電流計の製品名や性能、保護抵抗の素子定数などを含みます。
- b. 遮水シートの製品名、物質名、機械的性質（弾性、塑性、強度など）の情報の共有が必要です。
- c. 事業団が作成された別紙4の異常検知の電流値もレベル2だけでなく、それ未満のレベルのデータが必要です。回路図などの一次情報と併せれば、より詳しい解析が可能になります。

(2) 電気回路上アースされている測定線が陽極として働くことはありません。

検知システムのモデル図 [参考<sup>1</sup>] で、測定線 U22 と電源線 D21 が短絡したと仮定しますと、電流は接点を通じて電源線 D21 から測定線 U22 に流れます。その径路上、電圧降下は電源の内部抵抗・保護抵抗で起き、それ以降の電源線 D21 と測定線 U22 はアースの電位となります [参考<sup>2</sup>]。他の測定線 U24、U25 など U22 と同じアースの電位ですので、これらの測定線の間には電流は流れません。つまり、U22 と D21 が短絡した場合、U22 のみに大きな短絡電流が流れ、その他の測定線には電流は流れません。同電位間に電流が流れないことは高校の物理で学習します。

この常識に則れば、遮水シートの穴から離れた測定線 U24、U25 などへ電流が流れたことは、電源線 D21 が測定線 U22 と短絡せずに 5V の電極として機能したことを意味します。そして穴からこの電源線 D21 に達した浸出水を介して電流が流れた、つまり、検知システムが原理どおりに動作したと解釈するのが自然です。

現在提案されている電流についての説明 [参考 1] は常識に反するもので、モデル図からは解釈できません。そのメカニズムの正当化には (1) で述べた客観的情報の共有のもとで、物理法則にかなう説明と実証実験が必要です。

(3) 遮水シートの強度実験で剪断応力の考慮が必要です。

事業団、施工業者の実験とも垂直応力のみ用いており、斜面で荷重があるときの剪断応力が考慮されていません。特に、穴開き箇所は斜度 45 度に近い 1 : 1.5 の法面の深い場所であり、深さに比例する垂直応力とともに同程度の剪断応力が働きます。45 度の

<sup>1</sup> “漏水検知システムについて” というタイトルの資料。

<sup>2</sup> なお、直径 5mm の銅線の抵抗は 1m の長さで 0.001Ω 程度 (100m で 0.1Ω 程度) と小さく、銅線自体での電圧降下は、電源の内部抵抗・保護抵抗での電圧降下に比べて無視できるものです。

斜面で剪断応力が最大であること [参考<sup>3</sup>] , 垂直応力と剪断応力の組み合わせ応力が材料の破壊に大きく寄与すること [参考<sup>4</sup>] は大学の材料工学の教科書に記されています。この状況に、交差する上層・下層の銅線による応力集中の効果が重畳します。

(4) 遮水シートは高分子材料でできています。そのため、長時間の荷重をあたえての塑性変形・クリープ破壊の実験が必要です。

今まで行われた実証実験は、遮水シートに垂直応力を与えています。これは遮水シートの高分子の共有結合を切断する実験で、大きな応力が必要です。一方、剪断応力や引張応力は、隣接する高分子の架橋を切断して分子を長手方向にずらして破壊をもたらすので、必要な応力は遙かに小さなものです [参考<sup>5</sup>]。この過程は、高分子の特徴として、応力を長時間かけつづけておこる塑性変形、クリープ破壊である可能性があります [参考<sup>5</sup>]。

(3) と (4) より：

実証実験の条件としては上層・下層の銅線を交差させて遮水シートを挟み、垂直応力と剪断応力を同時にかけることが必要です。さらに、長時間の荷重をかけての塑性変形、クリープ破壊を見ることが必要です。

高分子材料は金属材料より複雑ですので、専門家の指導のもとでの実験が望ましいことです。

(5) 遮水シートの実験結果の解釈につきまして

大きな垂直応力  $41\text{kg/cm}^2$  で一端穴が開けば、 $25\text{kg/cm}^2$  前後の垂直応力で再通電・解消が起こるという実証実験結果があります。再通電・解消の部分に注目しますと、処分場での再通電・解消が  $0.65\text{kg/cm}^2$  (推定) 以下で起きており、スケールの違う実証実験の結果をもってこれを説明したことにはなりません。

再通電・解消についての現行の実証実験と処分場の実際との違いは (3) , (4) で述べた剪断応力の存在に起因する可能性があります。初期通電に必要な垂直応力についても、剪断応力が共存すると、それが低下します。(3) , (4) で述べましたように、処分場の異常検知時の荷重相当の垂直応力と剪断応力を、交差した上層・下層の銅線で挟んで長時間かけることが相応しい実証実験です。

<sup>3</sup> 小久保邦雄, 材料力学 (丸善, 2002年), 9章.

<sup>4</sup> 沢俊行, 再入門材料力学 (上) (日経メカニカル, 2001年), 3章.

<sup>5</sup> 成沢郁夫, 高分子材料強度学 (オーム社, 1982年), 1章 [高分子の破壊] ; 2章 [クリープ]

## まとめ

以上、ご説明しましたように次のことが必要です：客観的情報の共有、電気回路の物理法則にかなう再考、遮水シートに剪断応力と長時間の荷重をかけて変形・破壊の実験をすること。これらのことを考慮せずに、穴が開いた原因を施工時の事故に帰し、浸出水の漏れがなかったと結論づけることは科学的判断ではありません。

さらに、万が一、45度に近い法面での組み合わせ応力と検知システムの銅線の交差による応力集中の重畳が原因で遮水シートに穴が開いたなら、このことは明野最終処分場だけではなく、全国の同じ構造をもつ処分場で時間とともに顕在化していく可能性があります。そのような公共性にも配慮され、落ち着いた科学的判断をして下さることを願っております。

2011年12月13日

山梨県環境整備センター安全管理委員会 御中  
山梨県環境整備センター安全管理委員各位  
清水文夫山梨県環境整備事業団副理事長  
高木 昭山梨県環境整備事業団専務理事

甲府市大手1丁目4-5-11

坂野 齋

山梨大学工学部 助教



安全管理委員会のみなさまにおかれましては、10月7日の委員会に私が提出いたしました意見書にご配慮下さりありがとうございました。さらに11月17日の委員会で事業団から与えられたご回答・ご説明を「意見書提出者にも説明し事業団側の説明が間違っていないことを確認する」という機会を設けていただきました。みなさまの明野最終処分場の安全性に対するお心、一県民としても有り難くお礼申し上げます。

11月29日に事業団の高木専務理事、処分場の丸山所長がご足労下さり、金子安全管理委員長ご同席のもとご説明下さいました。ありがとうございました。

安全管理委員会が私に託されたことへのお返事は、11月29日当日、高木専務理事、丸山所長、金子委員長に直接お伝えしました。このことを安全管理委員のみなさま、事業団理事のみなさまへもお伝えしたく、再度、意見書を提出させていただくことにしました。お忙しい中恐縮ですが、後半に凶入りの解説も添えました。ご理解下されば幸いです。

私が11月29日にお伝えしたことは以下のとおりです：

1. 正確な回路図、遮水シートの性能、検知電流のデータなどの客観的情報が関係者で共有されておらず、また、今回の私への説明でも提供されませんでした。これは科学的議論の前提が満たされないことです。
2. 11月17日の事業団によるモデル実験の回路は、常識的ではない短絡過電流を必要とする危険な回路です。処分場の回路のモデルとしては非現実的です。
3. 法面をもつ処分場の構造と漏水検知システムのようにそれぞれが安全なシステムであっても組み合わせで危険が生じることはよくあることです。そのような実証実験の条件を先の意見書でご提案しました：上層・下層の銅線を交差させて遮水シートを挟み、垂直応力と剪断応力を同時にかけること、さらに塑性変形、クリーブ破壊を見ること。この提案に対してのご回答はありませんでした。
4. 3のご回答の代わりに、銅線のない法面上の遮水シートが考察対象とされ、上面と下面にかかる力を合成して打ち消すことをもって問題がないとしています。銅線がないことを別にしても、このご説明は処分場の安全に関わる材料力学、材料破壊学という学問の存在を否定するもので、科学的に受け入れられません。
5. 以上から、今回のご回答・ご説明は正しく合理的なものと認められません。また、銅線の交差点での剪断応力についての議論がなく、材料力学、材料破壊学という処分場の安全に関わる学問を否定する内容を含みますので、部分的な修正で正当性、合理性が回復できる内容ではありません。

以上を11月29日当日、高木専務理事、丸山所長、金子委員長に直接お伝えしました。先の意見書に対する事業団のご回答・ご説明とそれについての私の意見の詳細を述べる前に、安全管理委員のみなさま、委員兼任で明野最終処分場の指導的お立場にある清水副理事長、高木専務理事に以下のことをお伝えしたく思います：

(1) 先の意見書で実証実験の条件として銅線を交差させて遮水シートを挟み、垂直応力と剪断応力を同時にかけること（組み合わせ応力の集中がある条件）の必要性をお知らせしました。その実験、議論を事業団がしない理由は、実験の困難さではなく心理的なものです。材料破壊学でよく破壊の原因とされる剪断応力ですが、それをふくむ応力集中が問題の穴あきの原因である場合、明野最終処分場が構造上の欠陥を抱えることとなります。また、このような構造をもつ処分場は全国に60箇所以上あり、波及効果も大きいものです。

事業団や施工業者が自分たちに大きな不利をもたらす可能性があることに関わりたくないと思うのは人間の心理としては当然です。民間企業である施工業者の技術者が倫理観をもっていても、それを行わせることは失職の危険を伴い困難なことです。唯一、自分たちにとって不利なことが出来る立場の人は、事業団の理事です。公務員として身分が保証されているのは、個人的、組織的利益に囚われず、公共のため、次の世代のために倫理に基づいた判断・行動をするためです。

(2) 1次情報の共有という前提を認めて科学的議論を行うには、自分に都合のよいことでも、わるいことでも認めるという精神性が要求されます。優秀な技術者がそのような精神性を持っていても、公共事業を担う事業団の理事のご指導がなければ科学的議論を行うことができません。原因究明と対策を科学的に行うことは公共の観点から必要です。理事各位におかれましては高いお立場の倫理からご配慮をいただければと願っております。

(3) 11月17日の委員会で配布され今回のご説明に使われた坂田電機株式会社の社名の記された書類6ページと日本工営株式会社の社名が記された書類4ページ、そして7月29日の委員会で配布された「漏水検知システムについて」とい文書を公的な議事録、資料として残し公開してください。これらの書類には事業団の名称が記されておらず、また、12月7日現在、それらはホームページ上にアップロードされていません。安全管理委員会ではこの資料をもとに原因究明に関する議論をしてきたのですから公文書として残し他の資料と同列に公開することが必要です。

(4) 12月7日の山梨日日新聞に「安全が確認された」という事業団の見解が報道されました。安全管理委員会が私に託されたことへのお返事は11月29日当日に高木専務理事と丸山所長にお伝えしました。また、12月7日の時点では11月17日の安全管理委員会の議事録がホームページ上に公開されていません。

報道のとおりなら、11月17日の委員会以降、または11月29日以降どのような経緯、どなたの権限で「安全が確認された」というご判断に至ったか、事業団の指揮を実質上担任されている副理事以下理事のみなさまが他の安全管理委員各位に、明野の地元の方々に、また、県民にご説明する必要があると思います。

本来の私の役割は、科学的な見地から意見を述べさせていただくことですが、1次情報の共有という科学的議論の前提がない状況です。分不相応ですが科学的議論を支える倫理について上に述べさせていただきました。

続いて、今回のご回答・ご説明にたいする科学的な見地からの意見を述べさせていただきます。まず、10月7日の委員会に提出しました先の意見書の概要は以下のとおりです（先の意見書 p.1）：

- (1) 正確な回路図や遮水シートの性能などの客観的情報の必要性、
- (2) 電気回路上アースされている測定線が陽極として働くことはないこと、
- (3) 遮水シートの強度実験で剪断応力の考慮が必要なこと、
- (4) 遮水シートが高分子材料であることを考慮した実験；長時間の荷重をあたえての塑性変形・クリープ破壊を見る実験が必要であること、
- (5) 遮水シートの穴が開いた原因の特定には、現在の実験結果や情報では不十分であること。

特に項目(3)、(4)の実証実験の条件を次のように提案しました（先の意見書 p.3）：

実証実験の条件としては上層・下層の銅線を交差させて遮水シートを挟み、垂直応力と剪断応力を同時にかけることが必要です。さらに、長時間の荷重をかけての塑性変形、クリープ破壊を見る必要があります。

また、問題の穴あきが上記の構造上の原因を持つ場合のために公共の観点から以下をお願いいたしました（先の意見書 p.4）：

万が一、45度に近い法面での組み合わせ応力と検知システムの銅線の交差による応力集中の重畳が原因で遮水シートに穴が開いたなら、このことは明野最終処分場だけではなく、全国の同じ構造をもつ処分場で時間とともに顕在化していく可能性があります。そのような公共性にも配慮され、落ち着いた科学的判断を下されることを願っております。

専門用語についてですが、垂直応力、剪断応力、組み合わせ応力、交差した銅線の交差点での組み合わせ応力の集中など、先の意見書と同じように本意見書でも使わせていただきます。念のため、項目(3)に説明を書かせていただきましたのでご確認ください。

上記、先の意見書に対する、高木専務理事、丸山所長からのご回答・ご説明は、坂山電機株式会社の社名の記された書類6ページ<sup>1)</sup>（以下では書類Aと引用）と日

<sup>1)</sup> 坂山電機株式会社の社名が記された書類は以下の構成でした。1ページ目：漏水検知システムの模型実験について、2ページ目：漏水検知システム 機器・電極・ケーブル配置、3ページ目：クイットル無し10/7と11/17のモデルの回路図、4ページ目：銅合金の導電率について、5ページ目：検査成績表、6ページ目：測定ケーブル SC-LP1仕様

本工営株式会社の社名が記された書類4ページ<sup>2)</sup>(書類B)に基づくものでした。事業団のご回答・ご説明とそれに対する私の考えを、項目の優先順位などを鑑み、(1)、(3)、(4)、(2)、(5)の順で述べさせていただきます。

#### (1) 客観的情報の共有の必要性

住民のみなさんに回路図など1次情報を提供されない理由をお尋ねしたところ、高木専務理事から、「住民の方々には提供しても理解できないので、わかりやすい模式図にした」旨ご回答をいただきました。今回、私が説明を受けるにあたって、回路図などの1次情報をご提供くださるよう、前もって委員長より事業団にお伝えいただいたのですが、これもかないませんでした。この理由についてのご回答はいただけませんでした。また、私(坂野)が必要と考えられる情報については検討するという姿勢で言及されました。

高木専務理事など理事のみなさまは“科学的判断は、必要十分な情報を共有し、誰でもそこから同じ結果を再現できることで成立する”ことをご理解いただき、回路図などの1次情報・客観的情報の共有は、“私個人(坂野)の特別な意向”としてではなく、“科学の常識”として今後対処してくださるようお願いいたします。

今回のご説明では坂田電機さんが銅線、測定線の仕様について情報を提供してくださいました。このような科学的態度を理事の皆様のご指導力をもって推し進めていただければと思います。住民のみなさんはたとえ自分で理解できなくても、分かる人に尋ねて確認し判断できます。事業団の述べたことが正しいなら安心を得られるでしょう。

#### (3) 遮水シートに剪断応力をかけて実験をすることの必要性

先の意見書のこの点に対して、今回の事業団のご回答・ご説明は書類Bの1ページ目「遮水シートに掛かるせん断応力について」と3ページ目のその詳細にあります。法面にある遮水シートの上面と下面に平行な力；F5とF6が互いに打ち消すので遮水シートの法面に平行な方向には殆ど力が掛からないとしています。また、F5、F6を垂直応力に摩擦係数を掛けて計算をしています。

この項目は重要ですので、先の意見書の主旨をまずご説明いたします。先の意見書では、実証実験の条件として上層・下層の銅線を交差させて遮水シートを挟み、垂直応力と剪断応力を同時にかけること、つまり、剪断応力を含む組み合わせ応力の集中がある条件が必要であるとお知らせしました(本意見書p.3)。

この意味をご理解いただくため次のことを考えてみてください：図Aのように銅線をシートに上下から押しつける力(緑色の2つの力)をかけるのと、図Bのように銅線をシートに押しつけながら(緑色)こそぐように(赤色)力をかけるのと、どちらが破壊を導きやすいでしょうか。それは図Bのやり方です。私たちの経験か

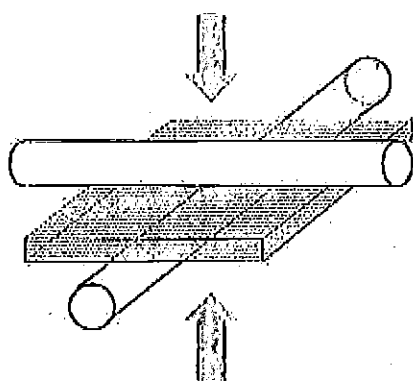
<sup>2)</sup> 日本工営株式会社の社名が記された書類は以下の構成でした。1-2ページ目：タイトル無し、サブタイトルが「遮水シートに掛かるせん断応力について」と「塑性変形・クリーブ破壊について」、  
“実証実験について”、3ページ目：(添付資料1) 遮水シートに掛かる摩擦力(引張力)について、  
4ページ目：(添付資料2) 遮水シートの弾性について。



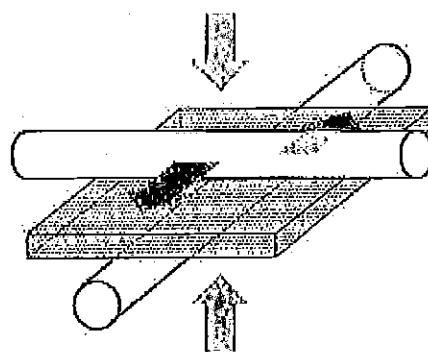
らも、また、高分子材料学の教科書<sup>3)</sup>からも、図Bのような力にゴムが弱いことを確認できます。

緑色の力を垂直応力、赤色の力を剪断応力といいます。銅線の交差点では力が集中します。図Aの場合、垂直応力集中があり、図Bはそれに加え、剪断応力集中がある、つまり組み合わせ応力の集中があることとなります。

図Aは処分場の底面の遮水シートを漏水検知システムの銅線が交差して挟み込んでいる状況で、図Bは法面でのものです（解説の図2もご参照ください）。法面では遮水シートが斜めの状態で廃棄物からの力を受けるので、垂直応力（緑色）と剪断応力（赤色）が共存します。問題になっている漏水検知システムの異常原因は、廃棄物の重みがかかると法面の深いところにある交差点を圧迫し、図Bの状況です。これに対して、事業団の行った実験は図Aの状況でしたので、より破壊を導きやすい図Bに相当する実証実験の必要性を先の意見書でお伝えしました。



図A. 処分場底面での遮水シートと漏水検知システムの上銅線の交差点。



図B. 処分場法面での遮水シートと漏水検知システムの上銅線の交差点

さて、先の意見書の項目(3)に対する今回のご回答・ご説明には以下の3つの重要な誤りがあります：

- a) 銅線の存在自体が考慮されていません。必然として、図Bの配置での剪断応力、および組み合わせ応力の集中は議論されていません。
- b) a)の単に法面上に遮水シートがあるだけの状況を想定しての事業団の説明でも、致命的な誤りがあります：F5とF6（図Bの赤色の2つの力）を合成して打ち消すので剪断応力の問題がない、という主張です。この打ち消しはシートが動かないことを意味するだけで、法面にある遮水シートが、上面のF5と下面のF6により、剪断応力を受けて“苦しみ”を感じていることが記述できません。そのようなことを扱う学問が材料力学、材料破壊学で処分場の安全にも関わるものですが、事業団のご説明はその学問の存在を否定しています。この考え方を仮に認めるなら、遮水シート上面と下面の垂直応力（図Aの緑色の2つの力）も打ち消し合って問題が生じないことになり、事業団自身が時間、費用、手間をかけて行った図Aの配置での実証実験の意義をも否定することになります。

<sup>3)</sup> たとえば、成沢郁夫、高分子材料強度学（オーム社、1982年）、1章「高分子の破壊」

- c) 静止している遮水シートの面に平行方向に掛かる力を、摩擦係数を使ってもとめていますが、廃棄物等の重さの分力としてもとめるべきです。重さを面に垂直と平行な分力に分けること、摩擦力の概念は高校の物理で習います。

#### (4) 遮水シートの塑性変形・クリープ破壊の実験の必要性

書類Bの「塑性変形・クリープ破壊について」の項目で通常の法面での耐久性に問題がないことを述べています。

先の意見書の項目(4)は、(3)と同じく図Bの配置で剪断応力および組み合わせ応力の集中があるときの塑性変形・クリープ破壊の実験の必要性を述べたものです。事業団のご説明は銅線自体が存在しない想定でした。このご回答は先の意見書と論点のかみ合ったものになっておりません。

上記項目(3)、(4)で、図Bの配置での実験、議論を事業団が扱わない理由はこの意見書2ページの枠内(1)に記したとおり心理的なものです。

#### (2) 電気回路の物理法則にかなう再考の必要性

11月17日に事業団側が行った実験について書類Aとご説明によれば、いままで登場していなかった測定ケーブルという銅線が導入され、その小さな抵抗値0.5Ω程度が主要な役割を果たしています。モデルでは短絡が仮定され、その経路；D21-U22での全抵抗値は1.94Ω(測定ケーブル分を含む)、短絡点から隣の測定線U2の間には飽和食塩水があり、印加電圧は1.5Vでした。U22への短絡電流が200mAの最大日盛を越えて流れたときに、U24には4mAが流れたとのことでした。

上記の事業団のご説明への応答の前に、電気回路の問題は、客観的情報の共有

[項目(1)] がなされないことに起源があることをご説明します：

電気回路の問題は安全管理委員会でも多くの時間を割いてなされましたが、異常検知の信号はもともと、漏水検知システムが原理どおりに作動したとみとめて矛盾はないのですから、常識的・科学的判断をすれば議論する必要のないものです。それでも議論がなされた理由は、事業団が自らの検知システムの健全性を否定して、

「遮水シートが破れたものの、上下の銅線が接触して穴をふさぎ、廃棄物の浸出水は漏れなかった」というシナリオを主張したためです。上下の銅線の接触を仮定したため、短絡電流を考えねばならなくなりました。

短絡電流を存在させると、穴あきの箇所以外で電流が検知されたことの説明が困難になります。7月29日の事業団の説明が10月7日の篠原委員の実験と先の意見書で非科学的であることが指摘されました(後半の解説をご覧ください)。

11月17日の事業団のあらたなご説明は当初のシナリオを捨てることなく、以下に指摘するように危険で常識的でない回路に基づくものになりました。たとえそのような回路でも、それが処分場の回路である・抹の可能性が常に残ります。なぜでしょうか、それはこの一連の議論で回路図、電源、電流計の製品名・仕様、検知電流の全データ<sup>4)</sup>などの1次情報が関係者で共有されないからです。1次情報が共有

<sup>4)</sup> 検知電流はレベル1とレベル2に分けられ、事業団はレベル2については公開していません。また、レベル1の一部は電流計が振り切れたことを理由に正確なデータが提供されません。ほかのより大き

されれば短絡電流の有無は科学的に確認できます。確認できる情報がありながら提供せずに主張することは科学的議論では禁じられています。

それを認めたくらうで、上記のご回答・ご説明に回答させていただきたく思います。11月17日に事業団が主張したモデルでは、D21-U22へ過大な短絡電流が流れない限り、脇にあるU24へ検知可能な電流は流れません。ですので、この回路には暗黙に過大な電流に耐える電源、電流計の性能が仮定されています。そして、短絡過電流の処置を電源と電流計の頑丈さのみに任せた回路になっています。そのように安全に配慮しない回路が製品として処分場に採用されることは現実的ではありません。この回路の危険と不合理さは以下のとおりです：

実際の処分場の異常発見時にはU21に5Vが印加されていたので、この短絡モデルにもとづけば、U22に2577mA（計算値； $5V/1.94\Omega$ ）という大きな短絡電流が流れていたこととなります。49.79mAが上限である電流計が壊れずにこのような電流に耐え続けていたことは不自然です。また、最大電流を50mA程度とする回路で、その50倍以上の電流を供給可能な電源を使用することは回路設計上危険で不合理です。

先の意見書の項目（2）についての事業団のご回答・ご説明には、そのほか以下の科学上、倫理上の瑕疵があります：

- a) もともと、短絡電流は「遮水シートが破れたものの、上下の銅線が接触して穴をふさぎ、廃棄物の浸出水は漏れなかった」というシナリオの中で出てきたものです。処分場で異常検知された現場で測定器を変更するなどして正確に電流値を求めて公開すれば事実として確定できることでした。そうしない事業団自らの瑕疵を有利に用い、さらに、“銅線が穴をふさいでもれはなかった”という実証実験も行わないでこのシナリオだけを述べることは科学的な態度ではありません。
- b) 回路図、電源・電流計の仕様などの1次情報を明らかにせず、今回、測定ケーブルがあらたに導入されました。1次情報の共有がなされない限り、いつでも新しい因子を導入して恣意的な結論を導けます。これは科学のやり方ではありません。
- c) 10月7日に行われた篠原委員の実験は、坂田電機さんの本来の漏水検知の原理に忠実なもので自然な考え方に基づきます。また、証明しようとする結果に不利に働く飽和食塩水を用いており科学的態度を保っています。今回の事業団の実験は1次情報の提供がなく、非現実的な回路で、さらに、証明しようとする結果に有利に働く条件；飽和食塩水を用いることの下での実験です。この実験をもってその10月7日の委員会で篠原委員の行った実験を否定することは科学的判断ではありません。

(5) 穴が開いた原因を施工時の事故に帰し、浸出水の漏れがなかったと結論づけることは科学的判断ではないこと

この点に対するご回答・ご説明は、書類Bの2ページ目の「実証実験について」で、「せん断応力による損傷荷重の低下、塑性変形、クリープ破壊に関してもその

---

な電流を測れる電流計に切り替えて測定することは常識です。それをやらないのは事業団側の瑕疵ですが、電流計は「振り切れてデータがない」ことも事業団のシナリオに有利に働いています。

恐れはないと確認できましたので、実験の目的は十分に達成したものと判断しております。」と記述されています。

事業団のご説明は、「今までの実験と議論で十分であり、穴が開いた原因は施工時の事故であり、浸出水の漏れはなかった」ということを意味します。しかし、上で述べてきましたように先の意見書の指摘に整合したご回答・ご説明はなく、上記のお言葉は科学的に受け入れられません。従って、穴あきの原因は特定されていません。

#### まとめ

法面をもつ処分場の構造と検知システムの重畳により、応力が集中する鋼線の交差点で垂直応力と剪断応力を同時に考慮する必要性を先の意見書でお知らせしましたが、今回のご回答・ご説明では考慮をしていただけませんでした。材料破壊学で破壊の原因となる剪断応力を含む応力集中を議論の対象とせずに排除することは科学的ではありません。穴あきの原因は究明されておりません。

仮にこのような鋼線の交差点での組み合わせ応力の集中で遮水シートに穴が開いたなら、このことは明野最終処分場だけではなく、全国の同じ構造をもつ処分場の問題にもなります。このことを視野に入れ徹底的な原因究明をお願いいたします。

原因究明を科学的に行うために、また、今後漏水検知を科学的に行うために次のことが必要です（1-4 は先の意見書と同じ、5, 6 は今回付加した新たな項目です。）：

1. 客観的情報（回路図、遮水シートの性能、検知電流の全データなど）の共有、
2. 電気回路の常識と物理法則にかなう再考、
3. 遮水シートに上下の鋼線の交差がもたらす剪断応力を考慮した実証実験、
4. 3 と同じ配置でクリープ破壊の実験を行うこと、
5. 穴あき箇所の遮水シートを保全し、高分子材料学、高分子破壊学の専門家に鑑定、指導を仰ぐこと、

原因究明への早道として、このことを是非お考え下さい。

6. 住民を含む関係者が今までの漏水検知システムの測定データを共有した上でルールをつくること、

漏水検知システムで印加電圧が当初5Vの時にレベル1、2の閾値電流が定められていましたが、1Vに変更しても閾値が変更されていないようです。これは感度を5倍鈍くしたことに相当します。このような運用は漏水検知が客観的におこなわれない可能性を導きますので必要なことです。

さらに、科学的議論を可能にして支えるために、明野最終処分場の指導的お立場にある清水副理事長、高木専務理事におかれましては、是非、2ページの枠内の点にご配慮いただきたくお願いいたします。そうされることは事業団の設立目的に合うことと存じます。設立目的はホームページによれば以下です：

設立目的 事業団は、安全性と信頼性が確保できる産業廃棄物最終処分場等の施設を設置運営し、廃棄物処理の先導的な役割を果たすとともに、産業廃棄物の適正処理に関する調査研究に関する事業等を行い、もって県民の生活環境の保全と産業の健全な発展に寄与することを目的としています。

## 解説

先の意見書の項目(2)-(4)の科学は日常感覚でわかる簡単なものです。大切な項目(3)、(4)、(2)の順に図を用いながら解説いたします。

### (3) 遮水シートに剪断応力をかけて実験をすることの必要性

まず、図1をご覧ください。この図はゴムの遮水シートを漏水検知システムの下側の銅線(電源線)と上側の銅線(測定線)が挟み込んでいる様子です。このような交差点が数メートルから10メートル程度おきにあるよう、電源線と測定線が処分場の底面、法面に張り巡らされています。通常時、電源線と測定線は遮水シートによって絶縁されていて電流は流れません。遮水シートのどこかが破れると、廃棄物の水が浸み込み、最寄りの電源線と測定線が導通して電流が検知される仕組みです。

問題になっている漏水検知システムの異常検知は、廃棄物の重みがかかると法面の深いところにある交差点で起きた。

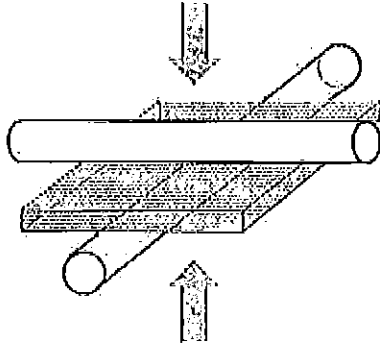


図1. ゴムの遮水シートを漏水検知システムの下側銅線(電源線)と上側銅線(測定線)が挟み込んでいる。

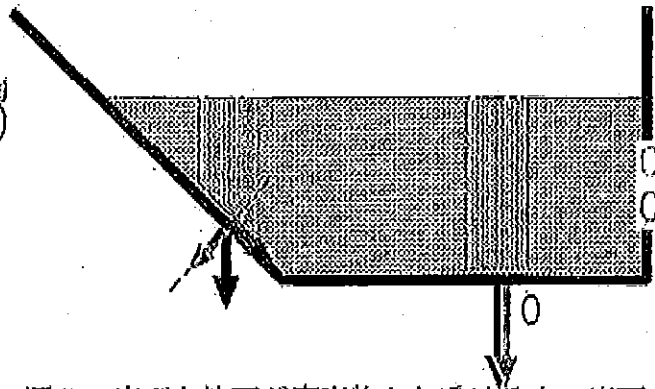


図2. 底面と法面が廃棄物から受ける力。底面では垂直応力(緑色)のみ。法面ではそれに加え剪断応力(赤色)を受ける。

図2は処分場のさまざまな面を描いたものです。処分場底面において、遮水シートはシートに垂直下向きを受け、また、それを支えるため地盤から垂直上向きを受け、図1の2つの緑の矢印はそれらの力です。遮水シート全体が圧縮されるような力を上下から受け“苦しみ”を感じます。特に、銅線が交差するあたりは力が集中します。このようなことを垂直応力集中といいます。

次に、図2の法面を考えてみます。廃棄物の重みは斜めの遮水シートに対して垂直な成分(緑色；垂直応力)と平行な成分(赤色；剪断応力)を生じさせます。地盤からはこれらの力に抗するため、反対向きで等しい力をうけ“苦しみ”を感じます。図3の緑色の対、赤色の対はその力です。銅線の交差点ではやはり応力集中；垂直応力集中と剪断応力集中(2つ合わせて組み合わせ応力集中)が生じます。

ここで、図1のように銅線を遮水シートに垂直に押しつける力をあたえるのと、図3のように銅線を押すつながらこそぐように力を与えるのと、どちらがゴムの

破壊を導き易いでしょうか、小学生でも経験的な感覚があると思いますが、図3です。

遮水シート<sup>5</sup>の破壊実験と心得<sup>5</sup>、実際の穴あきがおこった法面に相当する図3の配置が相応しいものであ<sup>5</sup>。しかし、事業団の実験は処分場の底面に相当する図1の配置でなされ、強い力をかけないと破壊されないという結論を得ました。[項目(4)で説明するように、ゴムは面を圧縮する垂直応力にはもともと強いのです]。さらに、事業団はこの結果をもとに、穴あきの原因は工事のときの人の行為によるものとし、原因が究明されたと判断しました。

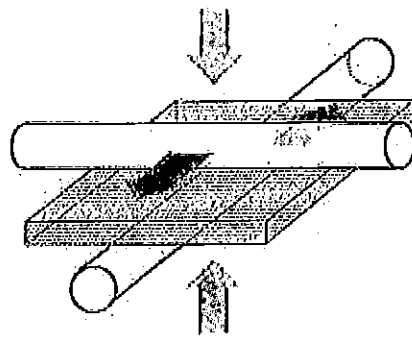


図3. 法面の銅線交差点部分では垂直応力(緑色)の集中と剪断応力(赤色)の集中が共存する

項目(3)はそのような推測にもとづく判断のまえに、穴あきの起こった場所に相応しい、剪断応力をかけた実験を行うことが必要であるというものです。

11月17日の委員会での事業団のご回答・ご説明は、図3で銅線のない普通の法面の状態のものであり、先の意見書でお知らせした銅線の交差点に垂直応力と同時に剪断応力をかけること(組み合わせ応力の集中)については述べられていません。

代わりに、銅線がない法面上に遮水シートがあるだけの場合について事業団は考察されていますが、その設定の上でも誤りがあります。2つの赤い矢印の力を合成して打ち消すので問題はないとしている点です。「打ち消す」ことは遮水シートが動かないことを意味するだけで、これをもってよしとするなら、材料が感じる“痛み”はいつでも考慮しないでよいこととなります。これは材料力学、材料破壊学という処分場の安全性にも関わる学問を否定するものです。これを認めると、図1の2つの緑色の力も打ち消すので考慮しないでよいこととなります。これは事業団自身が時間、費用、手間をかけておこなった実験をも否定することとなります。

#### (4) 遮水シートの塑性変形・クリープ破壊の実験の必要性

図4は遮水シートの素材であるゴムの模式図です。共有結合でできた高分子(黒線)同士が架橋分子(黄色)により共有結合よりは弱く結合しています。

図1で垂直応力をかけて、ゴムを破壊するには、高分子(図4の黒線)内の強い共有結合を一度に多く切断しなければなりません。そのため、圧縮の垂直応力に対してゴムの強度は大きいものになります。事業団の実験はこれを確かめました。

処分場の法面の状況の図3では垂直応力と剪断応力が同時に掛かり、ゴムは斜め方向に伸ばされる力を受けます。この力により架橋分子の弱い結合が切れ、高分子が抜けるようにずれて破壊にいたります。この破壊は図1の場合と異なるメカニズムで、比較的小さい力でおこります[<sup>5</sup>]

<sup>5</sup> 成沢郁夫、高分子材料強度学(オーム社、1982年)、1章「高分子の破壊」

従いまして、法面の深い場所で起きた穴あきの原因を究明するために、先の意見書の項目(3)の剪断応力を考慮した実証実験が必要です。

さらに、高分子がからみあった構造に小さな力が掛かる場合、時間のかかる破壊のメカニズムがあります。伸びる方向の力をかけ続けると、たまたま伸びきった高分子に集中的に力がかかり、架橋分子や高分子の化学結合を切断します。そのようなことが、一分子、また一分子とおこって一定時間たつたあと、全体としての破壊にいたります。このような小さな力によるゆっくりとした破壊をクリープ破壊<sup>6)</sup>といいます。

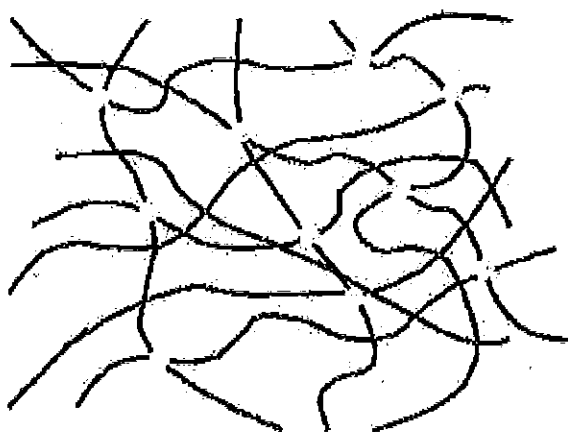


図4. ゴムの分子構造. 強い構造をもった高分子(黒線)が架橋分子(黄色)で緩やかに結びついている。

処分場の図3の配置をもつ場所での剪断応力を含む、組み合わせ応力の集中がクリープ現象をみちびき、時間をかけて法面の深いところを破壊していくことはありえることです。専門家の指導のもとでの検証が必要です。

## (2) 電気回路の物理法則にかなう再考の必要性

図1を再びご覧下さい。ゴムの遮水シートを下側の銅線(電源線D21)と上側の銅線(測定線U22またはU24)が交差し挟み込んでいる様子です。遮水シートが破れると廃棄物の水分で下の銅線(D21)と上の銅線(U22)が導通し、電流が検知される仕組みです。問題になっている漏水検知システムの異常検知ですが、U22とその隣のU24ともに電流が流れました。事業団は当初よりD21からU22への短絡電流の存在を仮定しています。

7月29日の委員会では、事業団は模式図をつかってD21からU22へ短絡電流があるとき、U22からU24へ電流が供給されると説明しました。このことは小学生が実験する豆電球の回路<sup>7)</sup>に対応づけることができ、図5で右にある豆電球が光ることに相当します。右の豆電球はU22とU24につながっていますが、U22、U24とも電池の+極につながっており、電流は流れません。事業団の説明のように、U22がU24に電流を供給することはありません。

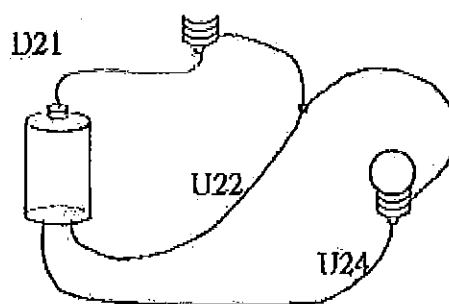


図5. 7/29の事業団の模式図と等価なモデル. 点くはずのない右側の電球が点くと説明。

<sup>6)</sup> 成沢郁夫, 高分子材料強度学 (オーム社, 1982年), 2章 [クリープ]

<sup>7)</sup> 左の豆電球は保護抵抗, 右の豆電球は浸出水に相当します。

10月7日の委員会の篠原委員の実験では、U22にもU24にも電流が流れるには、図5の短絡電流があつては不可能で、図6相当<sup>8)</sup>のように、両方とも、D21から浸出水を介して電流が供給されるべきであることを示しました。これは処分場の検知システムの原理通りです。

11月17日の委員会の事業団の実験は図7に相当します。U22, U24には僅かな抵抗(0.5Ω程度)があることが、このとき初めて導入され、D21にも保護抵抗はないことになりました。これによりD21からU22に過大な短絡電流がながれ、U24にも僅かにながれた、というものです。電源の+と-を銅線で短絡し、回路設計上想定された電流値の50倍という巨大な短絡電流が流れつづける回路です。このような危険で非現実的な回路を一抔の現実性を楯に主張できるのは、一連の議論で回路図、電源、電流計の製品名・仕様、検知電流の全データなどの1次情報が関係者で共有されることがないことによりです。逆に1次情報が共有されていないので図7は図6を否定するものではありません。

回路図などをなぜ共有しないのかお尋ねしたところ、高木専務理事は「住民に回路図をみせてもわからないから」とおっしゃっています。また、安全管理委員会が事業団がつかった図6や図7相当の回路に関する文書には事業団の名前はなく、施工業者の名前があるか無記名です。また、資料としてホームページにアップロードしておらず、公的な議事録、資料として残っている確証がありません。それをもとに上下の銅線が接触して穴をふさぎ「浸出水のもれはなかった」との主張がなされています。

ご注意： 事業団は当初よりD21からU22への短絡電流の存在を仮定しています。短絡電流が最も通りやすい径路を流れているとき、廊にある通り難いU24に検知可能な電流が流れることは電気回路上起こりにくいことです。その困難を省みず、また、自らの検知システムが健全に動作したことを否定して、短絡電流の存在を主張する動機は「遮水シートが破れたものの、上下の銅線が接触して穴をふさぎ、廃棄物の浸出水は漏れなかった」というシナリオにあります。しかし、「漏れない」という部分の実証実験はせず仮定のまま押え置き、「接触した」(「短絡した」)問題に絞って議論しています。このような電気回路の問題は1次情報が共有されれば議論の必要はなくなるものです。

以上です。

<sup>8)</sup> 両方の豆電球は浸出水(正確には保護抵抗+浸出水)に相当します。

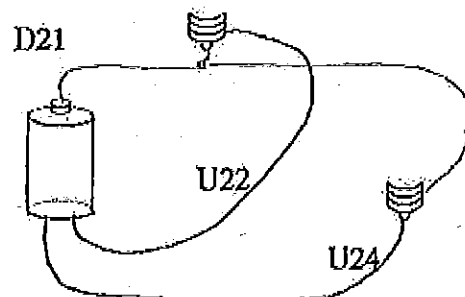


図6. 10/7の篠原委員の行った実験モデル。U22にもU24にも水(電球)を介してD21から電流が供給される。漏水検知システムの原理であり、現実を再現。

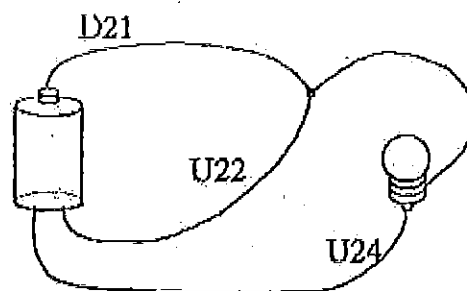


図7. 11/17の事業団のモデル。U24に検知可能な電流を流すにはD21からU22に非常に大きな電流が必要。