

福岡工業大学 学術機関リポジトリ

外部環境変化に伴う観測対象の生体電位および地電位変化

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-01-25 キーワード (Ja): キーワード (En): saturation velocity, living body, ion concentration ratio, Japanese oak, earthquake 作成者: 服部, 毅範, 篠田, 鼎, 保坂, 昌克 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/11478/00001604

外部環境変化に伴う観測対象の生体電位および地電位変化

服 部 毅 範 (機能材料工学科)
篠 田 鼎 (情報工学科)
保 坂 昌 克 (管理情報工学科)

**Change of Living Body Electrical Potential and Earth Electrical Potential
with outside Environment Change for Observation**

Takenori HATTORI (Department of Functional Materials Engineering)
Kanae SHINODA (Department of Communication and Computer Engineering)
Masakatu HOSAKA (Department of Industrial & Information Engineering)

Abstract

Necessary ions move through a cell film related to life maintenance of the living body, according to outside environment changes. From that, when an activity state of a plant is compared by saturation velocity, we find that a cherry tree shows the tendency to depend on a weather condition, but a Japanese oak and a silk tree do not as much. Also, a Japanese oak conspicuously shows the ion concentration ratio in spite of the weather condition. An earthquake may occur in less than a week from the day this ion concentration is observed. In addition, influence of ion concentration ratio of boring work within 10 meter deep underground near a Japanese oak is great. A Japanese oak can be regarded as a plant which fully possesses a function of a living body sensor. The change of normal electrical potential from its simple observation may be a phenomenon before the actual earthquake outbreak.

For these reasons, we could make good use of it for environment of a community and reduce an earthquake disaster as an earthquake sensor, even if it is uncertain.

Keywords: *saturation velocity, living body, ion concentration ratio, Japanese oak, earthquake.*

1. はじめに

自然にまた人工的に地上および地中から発生する雑音の波長は、超長波から X 線まで幅広い領域を占めている。その中でカルチャーノイズとしては、電車が走行中に生じる架線からの火花放電およびモーター等

からの地中の迷走電流、家電製品からの電磁波、工場および建設基礎工事からの振動および雑音、また地震発生前の異常電磁波等¹⁾から成ると考えられる。

生体はこの様な種々の電磁波の環境下に曝されているのが現状である。地上および地中での僅かなノイズ中の変化をキャッチする方法として、1987年以来福岡工業大学キャンパスで植物の生体電位および地電位の観測を行ってきた^{2), 3), 4), 5)}。学内で建設工事のための地質調査が行われたが、その調査期間中も生体電位に

ついて特徴ある異常変化が見られた。よって本研究では生体電位の原因について検討する。

2. 理 論

植物の生体電位は生物の体内で生じる電気を流す力である。これは動物、植物を問わず細胞が生きて活動している限り生じる。また、生きている物を構成する細胞は薄い細胞膜に覆われ、生命の維持に必要な物質 K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} などの塩基類の電気を帯びた電解質イオンが濃度差によって薄膜を通して細胞の外から細胞の内へと移動する⁶⁾。外的な刺激によりこれらのイオンは細胞薄膜を簡単に通れない異常な状態となるので、膜の内と外でイオンに濃度差が発生する。これをイオン濃度比として表す。またこれらのイオンが時間をかけてゆっくり移動する場合を飽和速度として表す。

2.1 イオンの濃度比

植物は地震・工事・気象条件などによりストレスを受けた場合、生命維持に必要なイオンの流れに影響を及ぼすと仮定できるので、これを生体電位の変化として観測する。イオンの濃度変化に対して、細胞薄膜の外側のイオン濃度を $[C_{out}]$ 、内側のイオン濃度を $[C_{in}]$ とする。生体に変化が発生する前の電位 (または定常電位) を E_0 [volt]、生体のピーク電位 (最大電位) を E_1 [volt] とする。細胞薄膜を通してイオンが移動しているときに、 zF の電気量が流れたとする。この場合のイオン濃度変化を(1)式とする⁷⁾。

$$C_{out} \rightleftharpoons C_{int} \quad (1)$$

生体のピーク電位 E_1 を(2)式とする。

$$E_1 = E_0 - (RT/zF) \ln\{[C_{in}]/[C_{out}]\} \quad (2)$$

(2)式より観測した生体電位の正味の電位を E [volt] とする。これを(3)式に示す。

$$E = E_1 - E_0 \quad (3)$$

(1)式が平衡状態にあるときは $E = 0$ である。また、細胞薄膜の外側および内側のそれぞれのイオン濃度比は、生体電位に異常な変化が発生した場合(2), (3)式から(4)式となる。

$$\ln\{[C_{in}]/[C_{out}]\} = -(zFE)/(RT) \quad (4)$$

ここで $[C_{int}]$, $[C_{out}]$: それぞれのイオン濃度 [mol/l], \ln : 自然対数, R : 気体定数 (8.314J/(mol·K)), T : 絶対温度 (K), z : イオンの酸化数, F : Faraday 定数 (9.65×10^4 [C/mol]) とする。生体電位が異常変化をした時のイオン濃度比を C とする。これは(4)式か

ら得られるので、これを(5)式とする。

$$C = \exp\{[C_{out}]/[C_{in}]\} \quad (5)$$

ここで、絶対温度を 288K (常温の 15°C)、簡素化のため塩基類のイオンの酸化数を $z=1.5$ とおく。生体電位が異常に変化した正味の電位差 E は、それぞれの図より異常な電位の変化、すなわち電位が垂直に上昇する前の電位を E_0 、急上昇した最高電位を E_1 と置き、(3)式より求める。この正味の電位 E および(4), (5)式からイオン濃度比 C を求める。植物生体電位が急激に変化した異常変化、即ち短時間に電位が変化する場合に濃度 C を適用する。

2.2 飽和速度

イオン濃度比と同様に植物の生体電位の変化は最低の電位から時間と共に徐々に電位が上昇 (飽和) し、やがてピーク電位となる。このピーク電位と最低電位との差を飽和電位 E とする。また飽和するまでの時間を h とする。飽和電位と飽和時間の割合を飽和速度 (saturation velocity) とする。これを C_s とし、これを(6)式に示す。

$$C_s = E/h \quad (6)$$

ここで C_s : 飽和速度 [volt/hour], h : 飽和時間 [hour] である。生命維持に必要なイオンが、ゆっくりと移動している場合に飽和速度 C_s を適用する。

3. 実験方法

キャンパスの 6 号館を中心に植物の生体電位および地電位の観測を行った。地電位観測用の電極は直径約 1 cm、長さ約 1 m の銅棒を低損失同軸ケーブル (5C-FV) に接続し、カルチャーノイズの影響を少なくするため地表面下約 1 m に銅棒を東西 (距離約 19 m)、南北 (距離約 62 m) の 4 ケ所に埋設する。東西・南北間に発生する電位差をそれぞれ地電位とする。生体電位の観測に樹齢 40 年以上の桜および楡、樹齢 6 年のねむの木を使用した。

対象の木の枝の樹皮の 1 部を電極外形寸法 (約 6.3 * 8.5 mm²) に切り取る。切り取った後の形成層に電極を固定し、風雨による水の浸透を防ぐために防水シール剤とビニルテープで保護する。他方対象の電極はそれぞれの木の幹から約 1.5 m の位置に、地表面から約 1 m 下に地電位と同様の寸法の銅棒を埋設した。当実験では植物に取り付けた電極と地中に埋設した電極間に発生する電位差を植物の生体電位とする。

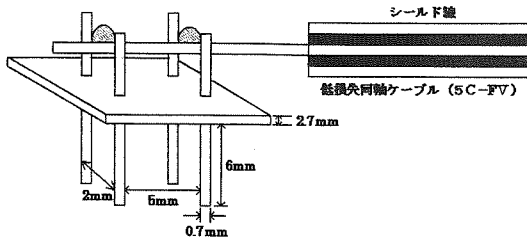


図1. 電極の形状

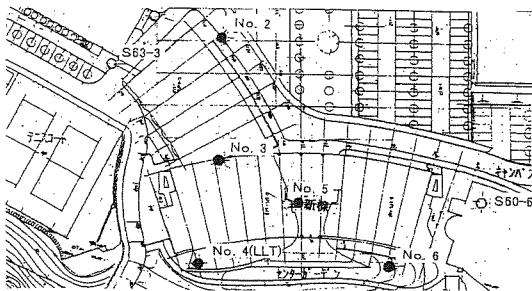


図2. ボーリング位置

電極の外形を図1に、地質調査のためのボーリング位置を図2に示す。ボーリング作業はNo. 2が平成14年4月24日から25日、No. 4が4月24日から30日、No. 4が5月2日から8日、No. 6が5月8日から9日まで行われた。

4. 観測結果と検討

4.1 気象条件による地電位および生体電位の変化

晴天の日が続いた平成14年5月22日を選び、その生体電位および地電位の変化をそれぞれ図3、図4に示す。

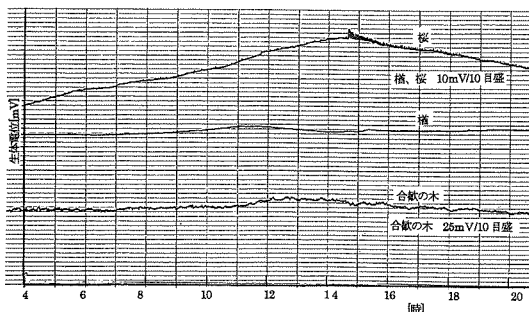


図3. 晴天の生体電位の変化 (2002. 5.18)

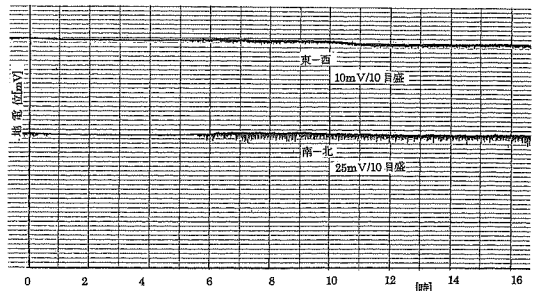


図4. 晴天の地電位の変化 (2002. 5.18)

図3は生体電位の変化を示しているが、桜は電位が飽和するまで約13時間40分を要し、その飽和電位は約20mVである。この飽和速度は(6)式から $C_s = 1.5 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ となる。しかし、榎、ねむの木はフラット状態で殆ど変化は見られない。

図4は地電位の変化を示している。これによるとJRの電車走行停止時間帯である0時48分から5時12分までの4時間24分間の地電位は、東西および南北とも直線状態が続き、電位の変化が観測されない空白の時間帯が存在する。

雨天の観測は5月15日に行ったもので生体電位および地電位の変化を図5、図6に示す。

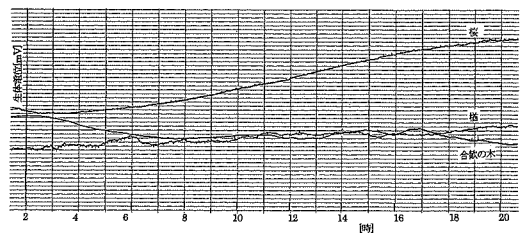


図5. 雨天の生体電位の変化 (2002. 5.15)

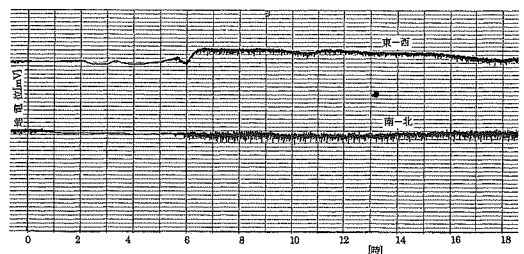


図6. 雨天の地電位の変化 (2002. 5.15)

図5は生体電位の変化を示す。桜は電位が飽和するまで約28時間20分を要し、その飽和電位は約26mVで

ある。この飽和速度は $C_s=9.2 \times 10^{-4}$ [volt/h] となる。また榎、ねむは桜ほど顕著な変化は見られない。

図6は地電位の変化を示す。これは、JRの電車の走行時間帯で電位の振幅が晴天の日より若干大きい。また東西の地電位はJRの始発時間帯前から原因不明の異常変化を示す。

4.2 外部環境の変化に伴う生体電位および地電位の変化

図7は平成14年4月8日(曇)の生体電位の変化を示す。榎は電位が10時50分頃より垂直に上昇する。このピーク電位は約37mvである。その後、約2時間20分経過後のピーク電位は約38mvである。このイオン濃度比は(5)式からそれぞれ $C=4.4$, $C=4.6$ となる。桜は電位が飽和するまで約5時間30分を要し、その飽和電位は約16mvである。この飽和速度は $C_s=3.3 \times 10^{-3}$ [volt/h] と小さい。ねむは殆ど電位の変化は観測されない。

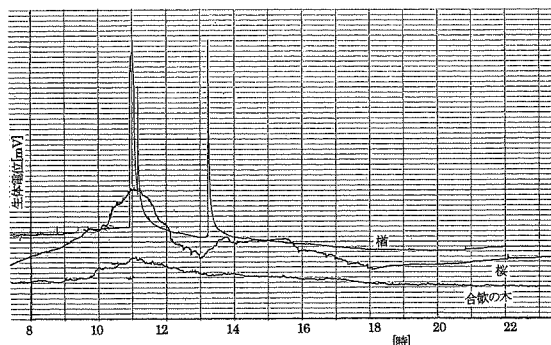


図7. 2002. 4. 8 (曇) の生体電位の変化

図8は平成14年4月8日(曇)の地電位の変化を示す。地電位の振幅は榎の第2ピーク電位の発生時間付近で大きく変化する。

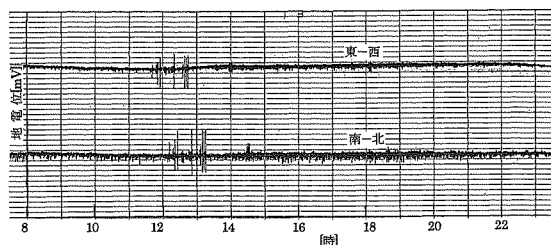


図8. 2002. 4. 8 (曇) の地電位の変化

図9は平成14年4月13日(晴)の生体電位の変化を示す。榎は電位が3時10分頃から垂直に上昇する。

このピーク電位は約55mv以上(スケールオーバー)である。5時間後に電位が再度、垂直に上昇する。このピーク電位は約34mvで、これ以降のピーク電位は減衰する。このイオン濃度比はそれぞれ $C=9.0$ 以上, $C=3.9$ となる。桜は電位が飽和するまで約12時間40分を要し、そのピーク電位は約26mvである。ねむは電位が飽和するまで約10時間20分を要し、そのピーク電位は約23mvである。それぞれの飽和速度は $C_s=2.1 \times 10^{-3}$ [volt/h], $C_s=2.2 \times 10^{-3}$ [volt/h] となる。

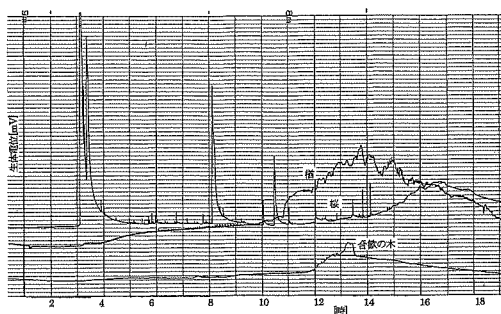


図9. 2002. 4. 13 (晴) の生体電位の変化

図10は平成14年4月13日(晴)の地電位の変化を示す。地電位はJRの停止時間において原因は明確でないが、若干の電位の変化が観測される。

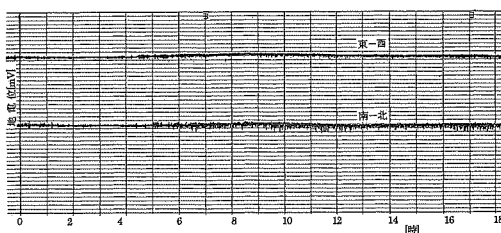


図10. 2002. 4. 13 (晴) の地電位の変化

図11は平成14年4月16日(雨)の生体電位の変化を示す。榎は前日から垂直の電位変化があったが、9時20分頃よりさらに大きい電位が垂直に上昇する。このピーク電位は約30mvである。これ以降30mv前後の電位が頻繁に観測される。このイオン濃度比は $C=3.3$ となる。また雷が16時頃から発生し、その影響で激しい振幅の異常電位変化が観測される。桜は電位が飽和するまで約29時間を要し、その飽和電位は約28mvである。ねむは電位が飽和するまで約7時間30分を要し、そのピーク電位は約15mvである。それぞれの飽和速度は $C_s=9.7 \times 10^{-4}$ [volt/h], $C_s=2.0 \times 10^{-3}$ [volt/h] となる。

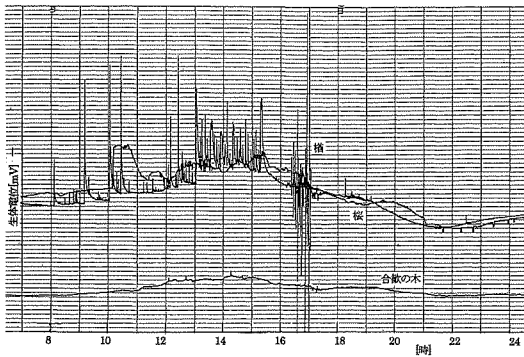


図11. 2002. 4.16 (雨) の生体電位の変化

図12は平成14年4月16日(雨)の地電位の変化を示す。雷の発生を境に東西の電位が若干減少し、20時頃と23時30分頃にそれぞれ激しい電位の振幅を観測する。これは地震発生前に起因する現象かもしれない。

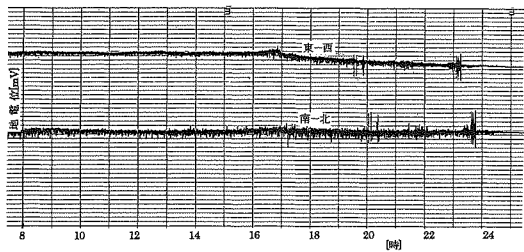


図12. 2002. 4.16 (雨) の地電位の変化

4.3 外部環境 (ボーリング作業を含む) の変化に伴う生体電位の変化

平成14年4月24日より5月9日の間榎、桜の木の近くで建設基礎工事の地質調査のためのボーリング作業が行われた。

図13は平成14年4月26日(晴)の生体電位の変化を示す。榎は前日の13時頃から電位に異常な変化の兆候が現れていたが、電位が11時40分頃より垂直に上昇する。このピーク電位は約42mvである。このイオン濃度比は $C=5.4$ となる。その後このピーク電位から低い同類のピーク電位が約4時間続いた。桜は電位が飽和するまで約9時間30分を要し、その飽和電位は約23mvである。ねむは電位が飽和するまで約6時間30分を要し、その飽和電位は約12mvである。それぞれの飽和速度は $C_s=2.3 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ 、 $C_s=1.8 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ となる。これ以降地電位の変化に顕著な変化が観測されなかったので表示しない。

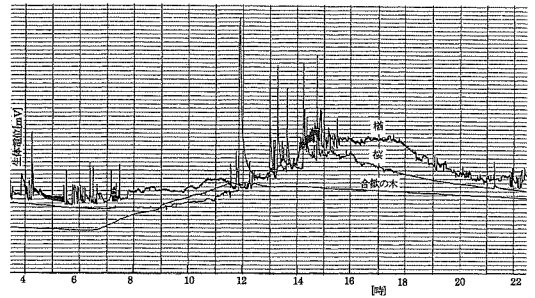


図13. 2002. 4.26 (晴) の生体電位の変化

図14は平成14年4月27日(晴)の生体電位の変化を示す。榎は電位が13時30分頃から垂直に上昇し、第1回目のピーク電位は約36mv、第2回目のピーク電位は約30mv、第3回目のピーク電位が50mv以上(スケールオーバー)である。約14時間に3回のピーク電位を観測した。それぞれのピーク電位に対するイオン濃度比は $C=4.2$ (1回目)、 $C=3.3$ (2回目)、 $C=7.4$ (3回目)となる。第2回目、第3回目のピーク電位は明らかに1回目のパターンとは異なっている。しかし、桜は電位が飽和するまで約9時間20分を要し、その飽和電位は約20mvである。この飽和速度は $C_s=2.2 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ となる。ねむの電位は殆どフラット状態で変化を示さない。

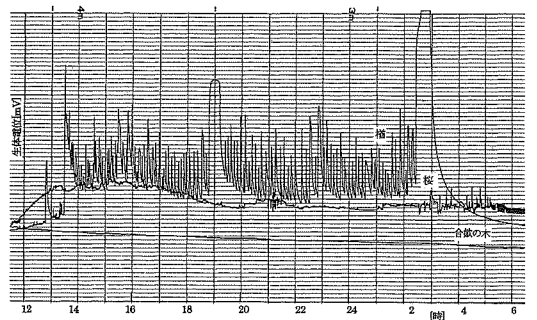


図14. 2002. 4.27 (晴) の生体電位の変化

図15は平成14年4月29日(晴)の生体電位の変化を示す。榎は電位が飽和するまで約13時間30分を要し、その飽和電位は約18mvである。桜は電位が飽和するまで約7時間40分を要し、その飽和電位は約18mvである。ねむは電位が飽和するまで約5時間を要し、その飽和電位は43mvである。それぞれの飽和速度は $C_s=1.3 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ (榎)、 $C_s=2.4 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ (桜)、 $C_s=8.5 \times 10^{-3} [\text{volt/h}]$ (ねむ)となる。榎、桜およびねむの順で飽和速度は速くなっている。

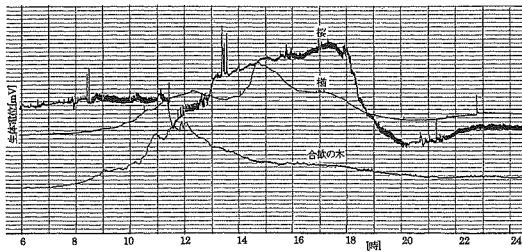


図15. 2002. 4. 29 (晴) の生体電位の変化

図16は平成14年4月30日(晴)の生体電位の変化を示す。榎は電位が午前6時頃より垂直に上昇する。このピーク電位は約38mvで、その後このピーク電位より低い電位の変化が約16時間30分続き、さらに大きな最後のピーク電位は約50mv以上(スケールオーバー)である。その後急に減衰していく。このイオン濃度比は $C=4.6$ (最初), $C=7.4$ (最後)以上となる。桜は電位が飽和するまで約10時間20分を要し、そのピーク電位は約27mvである。ねむは電位が飽和するまで約6時間を要し、そのピーク電位は約17mvである。それぞれの飽和速度は $C_s=2.6 \times 10^{-3}[\text{volt/h}]$, $C_s=2.9 \times 10^{-3}[\text{volt/h}]$ となる。

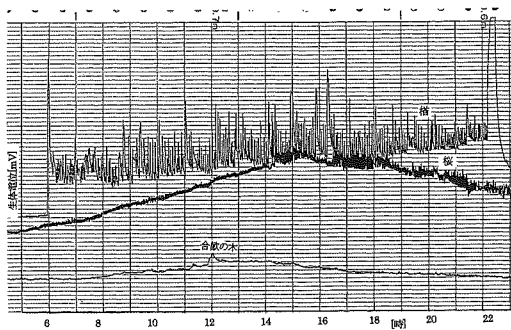


図16. 2002. 4. 30 (晴) の生体電位の変化

図17は平成14年5月3日(雨)の生体電位の変化を示す。榎は午後1時頃より垂直に上昇する。このピーク電位は約37mv、その後このピーク電位より低い類似の電位の変化が約10時間30分続き、最後のピーク電位はさらに大きな50mv以上(スケールオーバー)である。その後ピーク電位は急激に減衰する。最初と最後のイオン濃度比は $C=4.4$, $C=7.4$ 以上となる。桜は電位が飽和するまで約15時間40分を要し、そのピーク電位は15mvである。この飽和速度 $C_s=1.0 \times 10^{-3}[\text{volt/h}]$ である。ねむの電位は顕著な変化は観測さ

れない。以上の結果と地震が発生した日との関係を表1に示す。

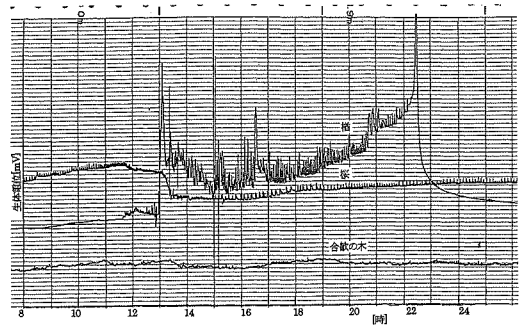


図17. 2002. 5. 3 (雨) の生体電位の変化

4.4 観測データの検討

平常状態において植物生体では、生命維持に必要なイオン量は、細胞薄膜を通して移動している。このことによりこの薄膜は、イオンの流れをコントロールするゲートに似た役割を果たしていると仮定することができる。従って、外的環境変化に応じてゲートがON, OFFとして働き、細胞薄膜の外側と内側では、イオンの濃度差が発生する。このプロセスは生体電位の観測結果から得られる電位の上昇、減衰の繰り返しに対応していると見ることができる。また生体リズムは飽和速度が遅い平常状態の時、イオンがその状況に応じて時間と共に緩やかに移動していることを示す。

以上のことより植物の活動状態を飽和速度で比較すると表1から桜は気象条件に依存する傾向を示すが、榎およびねむは桜程でもない。また、榎は気象条件によらずイオン濃度比が顕著に現れる植物である。この異常なイオン濃度比の発生および地電位に変化が発生した日から10日以内に地震が発生する可能性があることを示している。また、榎はボーリング作業期間中の4月27日、30日と5月3日に特長ある生体電位の変化が観測された。この異常変化は電位の急上昇、電位の振幅変化の継続、最後の電位の急上昇を経て減衰という過程を繰り返し、作業期間中には、非常に類似のパターンを示す傾向にある。従って、異常変化を伴うイオン濃度比は植物が緊張、外的な刺激、ストレス等の外部環境の変化を受けていると推察する事ができる。この様に顕著な性質を有する榎は外部環境の異常変化に対する生体センサーとしての機能を十分備えた植物と考える事が可能である。また、地電位の平常電位が増減する変化は地震発生前の地震現象と考えられ

表1. 生体電位および地電位の異常変化と地震発生日⁸⁾との関係

観測日	図(天気)	イオン濃度比(楢)	飽和速度(*10 ⁻³ [volt/h])			地電位の異常変化の有無
			楢	桜	ねむ	
4/8	図7, 8(曇)	4.4, 4.6		3.3		有
4/13	地震発生 7時42分頃 鳥根県東部 (N35.3°, E133.3°, H10km, M3.2)					
4/13	図9, 10(晴)	9.0以上, 3.9		2.1	2.2	有
4/14	地震発生 7時47分頃 熊本県熊本地方 (N33.1°, E130.6°, H10km, M2.8)					
4/16	図11, 12(雨)	3.3		0.97	2.0	有
4/18	地震発生 5時32分頃 熊本県阿蘇地方 (N32.8°, E131.1°, H10km, M3.2)					
4/19	地震発生 7時51分頃 宮崎県北部山沿い地方 (N32.8°, E131.3°, H130km, M4.2)					
4/22	図3, 4(晴)			1.5		無
4/23	地震発生 14時51分頃 安芸灘 (N33.9°, E132.7°, H50km, M3.6)					
4/26	地震発生 7時18分頃 紀伊水道 (N34.0°, E134.8°, H50km, M3.6)					
4/26	図13(晴)	5.4		2.3	1.8	無
4/27	図14(晴)	4.2, 3.3, 7.4		2.2		
4/28	地震発生 10時24分頃 奈良県地方 (N34.7°, E136.0°, H50km, M4.3)					
4/29	図15(晴)		1.3	2.4	8.5	
4/30	図16(晴)	4.6, 7.4以上		2.6	2.9	
5/3	図17(雨)	4.4, 7.4以上		1.0		
5/6	18時45分頃 豊後水道 (N33.3°, E132.3°, H60km, M4.5)					
5/8	13時58分頃 周防灘 (N34.0°, E131.1°, H10km, M3.4)					
5/14	16時23分頃 福岡県筑後地方 (N33.1°, E130.4°, H10km, M3.4)					
5/15	図5, 6(雨)			0.92		有
5/20	22時19分頃 熊本県熊本地方 (N32.7°, E130.8°, H10km, M4.2)					
5/21	16時39分頃 和歌山県北部 (N34.0°, E135.5°, H60km, M3.4)					
5/21	20時30分頃 鳥取県西部 (N35.4°, E133.9°, H10km, M3.4)					

* (空欄は観測中に比較的安定な状態・比較的变化の少ない状態を示す。)

*北緯:N, 東経:E, 震源の深さ:H, マグニチュード:Mとする。

る。今後、桜、ねむの木を対象にした観測は、樹令や環境との関係とも加味した実験を行う必要がある。

5. ま と め

桜、楢、ねむの木の生体電位及び地電位の観測により楢の生体センサー機能を認めることができた。地震発生と植物生体電位・地電位との因果関係は明確になっていないが、地震予知の可能性はある。土地の高度化利用が進むなかで、地震による被害を軽減するために楢を生体センサーとして利用することは有効と考えられる。

6. 謝 辞

報告をまとめるに当たり、地質調査および施工工事記録を管財課長萩尾氏より資料提供の労を取って頂き、植物生体電位および地電位の変化を照合することが出来ました。心より謝辞を表します。

参 考 文 献

- 1) 永尾：“地震予知研究の新展開”，近未来社，2001年2月9日，p38-55
- 2) 服部，野口，篠田：“地電位および植物生体電位観測による地震の前兆について”，福岡工業大学研究論集，第28巻 第2号 別冊 1996. 3. 15

- 3) 服部, 野口, 篠田: “薩摩地方の地震による檜の木の生体電位変化”, 福岡工業大学研究論集, 第30巻 第2号 別冊 1998. 3. 16
- 4) 服部, 野口, 篠田: “植物の生体電位変化による地震前兆の観測”, 福岡工業大学研究論集, 第32巻 第1号 別冊 1999. 10. 15
- 5) 服部, 篠田: “ボーリング工事に伴う地電位の変化”, 福岡工業大学研究論集, 第33巻 第2号 別冊 2001. 3. 15
- 6) 鳥山: “ねむの木は地震を予知する” ごま書房, 1992年6月 p72-81
- 7) WALTER. J. MOOR: PHYCAL CHEMISTRY, Maruzen, Asian Edition (1962), P386-394
- 8) 地震発生日は, 気象庁のホームページ <http://www.tenki.or.jp/qua/>を参照。