

(32) 環境試料の超長期保存構想について

ON THE ENVIRONMENTAL TIME CAPSULE

花嶋温子^{*}・柴田俊一^{**}・江藤剛治^{***}
by Atsuko HANASHIMA^{*}, Toshikazu SHIBATA^{**}
and Takeharu ETOH^{***}

ABSTRACT: Proposed in the paper is the Environmental Time Capsule, ET-Capsule in short, which is planned to contain specimens and information representing environmental and biological conditions of the Earth in the end of the twentieth century (A.D. 2,000), and to conserve them till A.D. 3,000 or A.D. 10,000. The capsule will be deposited and kept underground in some monumental place or ice in the polar regions. First, the concept and the aim of the ET-Capsule are presented. Then, three distinguished existing (having berried) ordinary time capsules are compared with each other. Namely, Westinghouse Electric and Manufacturing Company berried two at the occasions of the New York World's Fairs (1938 and 1965), and Matsushita Electric and Mainichi Newspaper cooperatively followed at the Osaka World Exposition in 1970. These capsules are distinct from others, because they were made under as much scientific examinations as possible and their contents were carefully selected after extensive discussions. The experience is quite informative to design ET-Capsule.

KEY WORDS: environmental science, biological science, time capsule, long term conservation

1. はじめに

あと10年と4か月で我々の生れた世紀も終る。人には自らの証を永らく留めておきたいという性向があるらしい。1970年に大阪で開かれた EXPO'70で松下電気と毎日新聞が作製したタイムカプセルの各種検討委員会には、学界からは当時の大学の執行部を構成していた学者が多数参加し、折からの大学紛争の渦中にもかかわらず、高い出席率で、5,000年後に開けられるカプセルについて、事務局も予想していなかったほどに、真面目に活発な議論を続けたようである(松下側の技術担当のO氏談)。よって20世紀の終り、または21世紀の始りを期して研究者の立場から、単なる興味本意の物の保存を超えて、学問的にも意義の高い資料または試料の、超長期保存を企画することは極めて自然な発想であると思われる。

本報告では、遠い将来にわたって環境問題を考える際に基礎試料となるものを超長期に保存するための環境タイムカプセル (Environmental Time Capsule, 以下略してETカプセルと呼ぶ) を提案する。生物とそれを取巻く地球環境を正確に記述した資料とともに、それらを代表する原試料が保存できれば理想的である。超長期にわたって、とくに、原試料を保存するためには、前もって十分な保存技術の検討を行う必要がある。現時点から、5年の予備検討期間と、さらに5年の実施検討期間を考えると、プロトタイプ of ETカプセルは丁度A.D. 2,000年に埋設することができる。

2章では超長期保存が長期保存に対してどのような意義や特徴を持つかを分析するための一つの方法論を提示した。3章では、科学的な検討に基いて埋められたタイムカプセルの例として、1938、1965年のニューヨーク万博におけるウェスティングハウス社の2個(タイムカプセルI, II)、および1970年の松下電気産

^{*} 近畿大学大学院工学研究科土木工学専攻博士後期課程, ^{**} 同原子力研究所, ^{***} 同理工学部土木工学科
^{*} Graduate Student of Department of Civil Engineering, ^{**} Atomic Energy Research Institute, and
^{***} Department of Civil Engineering of Kinki University

業・毎日新聞社のもの（タイムカプセル EXPO'70）を取り上げ比較検討した。またタイムカプセル EXPO'70 については、当時の担当者に対するヒアリングにより、公式記録には残っていない当時の膨大な討議・検討結果の記録の収集に努めている。これらを通じて得られた、E Tカプセルの設計や構想の方向を定める上で有用な知見のいくつかにも言及している。4章では、E Tカプセルのイメージを明確化するための検討方法を提案している。

2. 長期 vs 超長期

分析の目的によって、種々の時間スケールの保存あるいはモニタリングが必要になる。環境試料についてはすでに、個々の研究所、研究者レベルで保存が続けられているものがある。またいくつかの公的機関が今後の保存・モニタリング計画を発表している（表－1参照）。保存期間は当面数10年程度を考えている。これらの中では米国のNBR（National Biology Research Center）が100～200年間人間の肝臓を保存するという計画が一番長期にわたる。因みに200という数字は、米国が先年建国200年祭を祝ったことを想起させる。よってこれまでの長期保存の一般的イメージは、年ごとの保存により、最終的に100年程度を目標にした保存ということができる。

一方、南極の氷のコアの分析から数万年遡って炭酸ガス濃度の変化が推定された例や、エジプトのミイラのDNAの分析プロジェクト等からもわかるように、より長期に、生物を含む現在の地球環境の状態を代表する原試料を人為的に保存することにも、非常に大きな意味がある。本論文ではこのような超長期保存問題を取り上げ、検討する。

表－1 環境試料の長期保存およびその検討の例

事 例	主 体	目 的	保存方法	現在までの収集 サンプル数
肝臓バンク	米国NBR（ナショナル・バイオロジー・リサーチ・センター）	20世紀後半の地球環境を100、200年後の研究者に伝えるためのタイムカプセルとして人間の肝臓を冷凍保存しておく。	冷凍保存法	500 人分
回遊魚のイルカやシャチの脂肪部分の保存	愛媛大学農学部立川研究室	イルカなど汚染の少ない海洋を回遊して生活している動物の脂肪を分析することによって、PCB、DDT等の有害化学物質の環境中の拡散状況や生物濃縮について研究する。	凍結保存法	5,000 頭分
環境微生物の系統保存	環境庁国立環境研究所	環境汚染と浄化にかかわる微生物を収集し系統保存する。	継代培養保存法、凍結乾燥保存法	500 株（1985年現在）
環境試料バンク構想・標準試料構想等	環境庁国立環境研究所	環境試料の系統的保存構想 非常に多くの人の髪の毛を平均的に混ぜ、それを標準試料として測定器の検定に使う等		
その他保存資料	海底コアボーリング（近畿大学）、石狩川河川水（北大）、シーズバンク、人の血清、病原菌、動物の血清等			
超長期試料として使用されたもの	南極の氷のコアボーリング、海底・湖底のコアボーリング、エスキモー（イヌイット）の遺体、スウェーデンの100年前の保存食、同じく野鳥の卵の殻、同じく剥製保存のオジロワシの羽（自然界のPCBが人為的なものであることがわかった）等			

これまでの検討により、長期と超長期保存の明確な違いが明らかになった。その例について説明する。後述のように、超長期保存では仮に、1,000 年または 8,000 年の保存を考えるものとする。1,000 ～ 8,000 年間の国際情勢の変化についていくつかのシナリオを想定してほしい。手元に、長期保存では液体窒素による冷凍保存が適当な試料があるものとする。現在の行政機構に基づいてある部局がその保存を始めたとしても、超長期にわたってそれを維持している可能性は極めて低い。これより「超長期保存においては、特定の機関による人為的な維持管理が不要な自然状態での有効な保存法の採用、それに適した保存試料の選択等」が重要な課題となることがわかる。これはまさにタイムカプセルのイメージであり、このプロジェクト名に環境タイムカプセルという名称を冠した所以でもある。このように E T カプセルの意義、目的、技術的事項のいずれを検討するにしても、まずもって長期と超長期保存の対比という観点から検討することが有効である。

著者らは、長期と超長期の違いを次のように定義した。将来の状態を想定する場合、「モデルの構造については実用的な精度の範囲で予測可能であり、モデル中のパラメータの値に幅を想定すれば良い場合」が長期、「構造そのものについていくつかの場合を想定する必要がある場合」が超長期である。よって超長期計画は基本的に構造的シナリオ分析に基づいて検討する必要がある。検討項目は次のように大別される。

①国際政治・経済情勢 ②文化（言語、価値観、宗教等） ③自然環境 ④技術水準、等

上記の定義に従えば、1,000 年以上はほとんどの検討項目について超長期ということになる。長期と超長期の境目は項目ごとに変わる。また超長期の場合でも全期間を通じて封印したまま保存するケースと定期的にフォローアップするケースがある。後者についてはそのインターバルも重要な検討対象となる。

3. 既存のタイムカプセル

幸い、前述のタイムカプセル I、II（ウェスティングハウス社）、タイムカプセル EXPO'70（松下電気・毎日新聞）について、ともに公式記録を入手することができた。さらに前者については関係資料を収集した。後者については当時の担当者にヒアリングを行って公式記録には書かれていない討議・検討についての詳細な情報の記録に努めている。

主として公式記録をもとにして3つのタイムカプセルを比較した。この表から新たなタイムカプセルの企画に対して、必要検討事項の抽出、各時代背景・技術水準の流れとそれに伴う主題の変化傾向等、多くの貴重な情報を得ることができる。これまで詳細にこのような比較検討がなされた例は無いので、ややページ数は多くなるが、結果を付表に示した。ヒアリング結果等については稿を改めて報告する。

4. E T カプセルのイメージ

1) 主題：1965年のタイムカプセル II では、1939年の I 号以後の人類の飛躍的進歩の例としてフェルミ炉の黒鉛、マーキュリーの大気圏再突入時の熱シールドがビートルズのレコードの横に納められている。そのアナロジーとして1970年から2000年に至る間の人類の足取りを象徴するものを考えてみる。少なくとも地球環境問題、および生命科学の領域で大きな変化があったことを除くことはできない。後者の問題には、分子レベルでの生命現象の解明が進んだことの他に、臓器移植の成功などにより徐々に死の問題が変わりつつあること、体外授精や手軽な避妊などにより、生の問題も大きく変わりつつあること、さらにはそれに伴う倫理問題迄が含まれる。これまでのカプセルの収納品の変化からも、このような方向性を見取することができる。

2) 保存の方法・収納品の収集選択・保存期間等：一方、超長期のシナリオ分析から E T カプセルの埋設（保存）場所、収納可能なもの等はかなり限定される。これと主題から、計画は自然にかなり具体化される。期間は A.D. 2000 年を期したイベントであるから、A.D. 3,000 年および 10,000 年までの 1,000 および 8,000 年間の適当であろう。また自然保存であるから、冷蔵が望ましいものは極地等に保存せざるを得ない。微生物等については凍結乾燥保存法が使える。DNA を抽出し保存する方法はタイムカプセル EXPO'70 でも使われた。種子や花粉は比較的強いが、種類としては 8,000 年間あまり形質を変えないものや、逆に絶滅の心配のあるものを選ぶべきである。このように筆者らなりの計画を持っはいるが、これらは衆智を集めて具体化すべきものである。先ず、最初の 2 年程度はデルファイ法等を用いて意見を集約すべく準備している。

【参考文献】

- 1) Westinghouse Electric & Manufacturing Company: THE BOOK OF RECORD OF THE TIME CAPSULE OF CUPALLOY, 1938.
- 2) Westinghouse Electric & Manufacturing Company: THE STORY OF THE WESTINGHOUSE TIME CAPSULE, 1939.
- 3) Westinghouse Electric & Manufacturing Company: A press release telling of both The Westinghouse Time Capsules.
- 4) タイムカプセルEXPO'70記録小委員会: TIME CAPSULE EXPO'70記録書〈日本語版〉, 1975.

付表-1 運営

名称	タイムカプセルⅠ	タイムカプセルⅡ	タイムカプセルEXPO'70
イベント	ニューヨーク万博 (1938-1939年)	ニューヨーク万博 (1964-1965年)	大阪万博(1970年) 松下電器創業50周年
主催(製作)	ウェスティングハウス社	ウェスティングハウス社	松下電器産業、毎日新聞社
埋設時期	万博開催前	万博終了時	万博終了後
埋設年月日	1938年9月23日正午 (秋分の日)	1965年10月16日 (万博の タイムカプセルの日)	1971年1月20日(第1号機) 1971年1月28日(第2号機)
製作を決定 した時期	1938年始め		1967年12月1日
準備期間			
保存期間	5,000年間	5,000年間	5,000年間
保存期間決 定の理由	現在までに記録された歴史 の長さと同じだから(開封 時において、現在が歴史の 中間点となる)。		正倉院御物は1,000年以上よ く保存されている。文明の 歴史は過去5,000年にさかの ぼることができ、未来5,000 年後を設定すれば、現在は ちょうど中間点に位置する ことになる。
組織	ウェスティングハウス社の 技術者を中心として、多数 の科学者、研究者が協力し た。	Dr. Leonard Carmichael (地 理学会副会長) を委員長と する多方面の権威者14人か らなる委員会。	タイムカプセルEXPO'70委員 会のもと、茅誠司氏を委員 長とする23名の学者、専門 家からなる技術委員会、赤 堀四郎氏を委員長とする29 名の選定委員会など。
主要検討課 題	1) どうやって5,000年保存す るか 2) どこにあるかとい うことをどうやって残すか 3) 収納品の選定	収納品の選定	1) 収納品の選定 2) 5,000年間の保存技術
費用			約2億円(直接経費)

付表-2 保存技術

	タイムカプセルⅠ	タイムカプセルⅡ	タイムカプセルEXPO'70
保存個数	1個	1個	2個
容器の形状	魚雷型	魚雷型	球形
容器の大き さ(外側)	長さ7.5 feet (229cm) 直 径8+3/8 inches (21.3cm)	長さ7.5 feet (229cm)	直径約106cm
容器の大き さ(内側)	長さ6 feet 9 inches (206c m) 直径6+3/8 inches (16. 2cm)		内径約100cm 内容積約500, 000cm ³
総重量	800pound (363kg)	300pound (136kg)	2.12 t

付表-2 保存技術（つづき）

容器の材質 （外側）	キューパロイ（Cupaloy）という合金。組成は銅99.4%、クロム0.5%、銀0.1%。	クロマーク（Kromarc）という新しい超合金。	NTK-22ATという特殊ステンレス鋼。組成はニッケル22%、クロム20%を基調として、チタンを添加。
容器の材質を決定した理由	古代エジプト人が使っていたと言われるように、この金属は鋼鉄の硬さにまで鍛えることができ、純銅の様に腐食に強い。		オーステナイト組織のみからなり、加工してα相が析出することがない。
容器の鑄造	7つの部分に分けて鑄造	3つの部分に分けて鑄造	2つの部分に分けて鑄造
保存技術の点から除外したもの	蒸発気や酸を生じて他に影響を与えるもの、揮発性のもの、液体		病原菌など危険なもの
容器内での収納品の仕分け	種子などはガラス容器に密封、フィルムはアルミニウムのコンテナに入れ、他のものは個別にラゲベーパーに包んで麻紐で結んだ。	種子などはガラス容器に密封、フィルムはアルミニウムのコンテナに入れ、他のものは個別にラゲベーパーに包んで麻紐で結んだ。	29個のステンレス鋼小容器（内箱）に分割
収納の工夫	重いものは下の方に、フィルムの缶は中間に、婦人帽などは上の方に詰めた。		収納品は、加熱殺菌、酸化エチレンによるガス殺菌、γ線による放射線殺菌のいずれかで殺菌した。
密封の方法	詳細にわたるので省略	詳細にわたるので省略	詳細にわたるので省略

付表-3 収納品選定

	タイムカプセルⅠ	タイムカプセルⅡ	タイムカプセルEXP0'70
収納品の選定方針	5,000年後の考古学者に、現在の生活や文明を伝えるもの。	タイムカプセルⅠから約25年の間の文明の進歩の速さを5,000年後の人々に理解してもらえるようなもの。	現代文化を代表する物品と記録類 ①現代中心 ②日本中心 ③現物中心
収納品の総点数	112件（内、マイクロフィルムは1件304項、ニュースリール1件11項）		2098点
主な収納品	日用品、布、材料、種子、本、お金、マイクロフィルム（書籍）、ニュースリール等	マイクロフィルム、フィルム、ビキニの水着、トランジスタラジオ、ボールペン、自動カメラ、電動歯ブラシ、電器回路等	部品、金属材料、新素材、紙類、印刷物、録音テープ、医学生物関係試料、衣類、避妊具、風俗資料、写真、マイクロフィルム等
主な収納品の数量	マイクロフィルムの中に、普通の本100冊以上の量の記録、22,000ページ以上	475点以上の参考資料、マイクロフィルムの中に117,000ページ以上	自然科学742点、社会科学686点、芸術分野592点、その他78点
時代を反映する収納品	ルーズベルト大統領の演説やマイアミのファッションショーのニュースリール	ビートルズのレコード、世界初の原子力炉の黒鉛、宇宙船の大気圏最突入時の熱シールド	純鉄
収納品の中で生物・環境に関するもの	種子（小麦、コーン、からす麦、タバコ、コットン、亜麻、てんさい、大麦、こめ、大豆、アルファルファ、人參）	マイクロフィルムの中に記録として、DNAとRNAの発見、新ワクチン、臓器移植などについてが記述されている。	ファージとDNA、細菌およびDNA、酵素、有用微生物、雑菌、種子（はす他）、蚊、ハエ
計器類	なし	なし	ブルトニウム原子時計 最高最低温度計

付表-4 埋設

	タイムカプセルⅠ	タイムカプセルⅡ	タイムカプセルEXP0'70
埋設場所	万博バビリオン地下 (現在はスラッシング・メ ドー公園)	タイムカプセルⅠから 10 feet (約3m) 北	史跡(大阪城公園)
緯度・経度	北緯40°44' 34" . 089 西経73°50' 43" . 842	北緯40°44' 34" . 089 西経73°50' 43" . 842	北緯34°40' 58" . 526 東経135°31' 42" . 718
海拔・標高	海拔約20feet (約6m)	海拔約20feet (約6m)	標高32.159m
埋設深度	地下50feet (約15m)	地下50feet (約15m)	地下14.37mと9.5m
埋設場所決 定の理由	5,000年後の人々にとっての ニューヨークは、私達にと っての古代アテネやローマ やトロイとなるだろう。	タイムカプセルⅡは、その 姉妹カプセルのそばに安全 に残されるだろう。	文化庁により特別史跡に指 定されており、無用の改変 は許されないから。
地質・地層 等	湿地土壌(swampy soil)。東 海岸は沈下しているという 説があるが根拠はない。例 え変化があっても、5,000年 間で数フィートである。	金属腐食の主原因である塩 素イオンがほとんど存在し ない。	洪積層の上の豊臣時代の盛 土層(粘土層)。地中温は 年間を通じて17±0.1℃。
埋設構造	直径10inches (25.4cm) の スチールパイプ中を通して 地中の防水性のセメントの ブロックの上に置く。カプ セルを樹脂とコンクリート の層の中に安置した後、ス チールパイプを切り取って 抜き去る。	タイムカプセルⅠと同じ様 に、地中に降ろした後、樹 脂で被われ、コンクリート を注がれる。	本体(容器)をステンレス 鋼製の円筒形埋設管に密封 し、さらにコンクリート保 護体で3重に装備、ただし 、第2号機は保護体を簡易 化した。

付表-5 記録

	タイムカプセルⅠ	タイムカプセルⅡ	タイムカプセルEXP0'70
記録の残し 方	3650部の記録書を作成し、 図書館などに配布、保存し てもらう。	タイムカプセルⅠの記録書 の配布先に紙一枚の補遺を 送付し、前回の記録書に添 付して保存してもらう。	記録書を作成し、図書館な どに配布、保存してもらう 。
記録物の大 きさ・装丁	25.6cm×16.2cm×1.2cm、52 ページ(ソフトカバー2,000 部、青い亜麻布張りのハー ドカバー1,650部)	20.9cm×13.8cm 紙1枚	30.3cm×21.7cm×3.5cm、25 5ページ(黒い布のハードカ バー)
記録に使わ れた言語	英語(ただし、英語が存在 しなくなっているときを考 えて、英語の理解の仕方が 記述してある)	英語	日本語版と英語版を作成。 (カプセル内の現代風ロゼ ッタストーンには、国連公 用7か国語でメッセージを 残した)。
記録書の内 容	目的、タイムカプセルの発 見法(3種類)、英語の理 解のしかた(52ページ中19 ページ)、5000年後へのメ ッセージ(ミリカン、トー マス・マン、アインシュタ イン)		省略
記録書の配 布先	世界中の図書館、博物館、 僧院、尼僧院、ラマ寺、寺 院ほか安全な保管場所(チ ベットの僧院も含む)	同左	日本語版は日本国内の図書 館、博物館、大学など。英 語版は海外の図書館など。