

残存する半閉鎖性水域に着目した
氾濫原の近過去環境の分析：
堆積速度からみた堤防効果とその影響要因

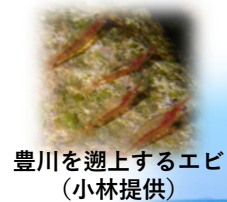
田代 喬*・陀安一郎**

***東海国立大学機構名古屋大学
減災連携研究センター**

****人間文化研究機構総合地球環境学研究所**

近年（人新世において）、 最も景観が変化したのは氾濫原

自然科学×社会科学的手法により
変化の過程をできる限り明らかにし



海域

原

氾濫
平野

イタセンバラ

カムルチー

オオクチバスの群れ



水田など

(霞／輪中、遊水地・・・)



??

流域治水／自然再興に向けて
自然・文化を基盤とする
解決策を最適化する将来
の土地利用を模索する



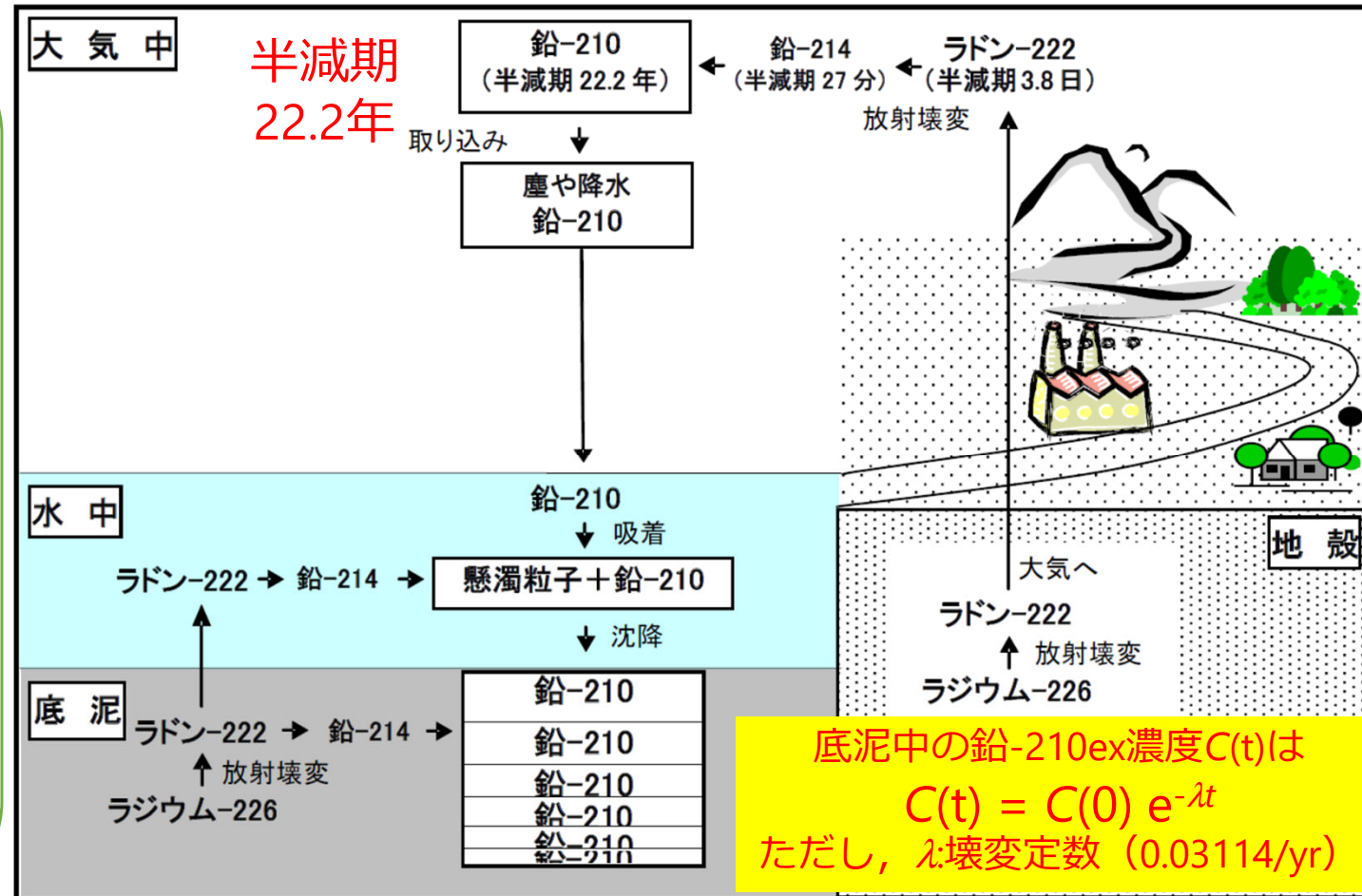
イシマキガイ (小林提供)

^{210}Pb による年代決定法

堆積年代・速度の推定手法

背景となる現象

- 「鉛-210」は地殻に存在する「ラジウム-226」が壊変して発生する「ラドン-222」ガスから常に発生。
- 「鉛-210」は、空気中を循環しているが、一部は塵や降水に取り込まれて水中に移動し、懸濁粒子に付着して沈降することで、一定量ずつ底泥に移行。
- 底泥となった後は、大気からの新たな供給が無く、放射壊変によって一定の速さで減少（半減期22.2年）。



底泥中各層の「鉛-210」濃度に対し、底質や水中の「ラジウム-226」から生成される「鉛-210」※を差し引いた「鉛-210ex」（過剰「鉛-210」）の（積算重量）深度に対する変化から堆積速度を推定できる。

※「鉛-214」と同値として扱う

適用の限界

- ✓ 堆積深度が深くなるにつれ「鉛-210」は少なくなるため、年代測定可能な期間はおおよそ100年前まで。
- ✓ 侵食が起きている場合、堆積物が大きく攪乱されている場合は適用不可。

背景・目的

左岸にのみ堤防を有する津屋川の堆積環境を通じて
氾濫原における近代以降の洪水と土地改変の影響を探る



伊勢湾

海津

本曽川

羽島

長良川

揖斐川

津屋川

養老山地

養老山地の東斜面に
小規模扇状地が多数形成

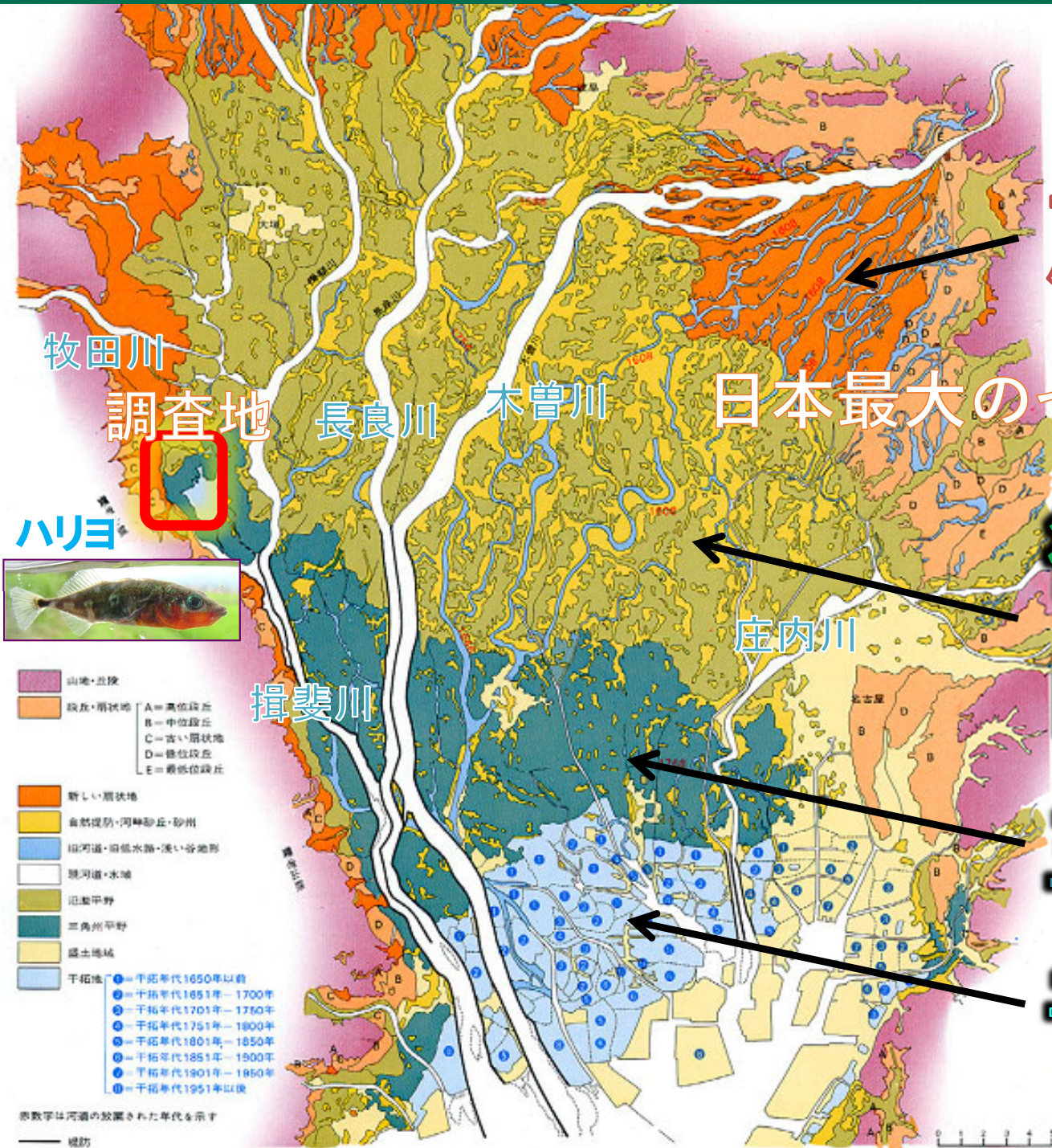
津屋川は扇状地末端部を
縫うように流下

濃尾平野ほぼ全景：岐阜県西濃地域（本巣市）から伊勢湾を望む

2016.11.25 名古屋-熊本便から撮影

氾濫原としての濃尾平野

図の出典：URBAN KUBOTA 11:23



扇状地

日本最大のゼロメートル地帯

後背湿地

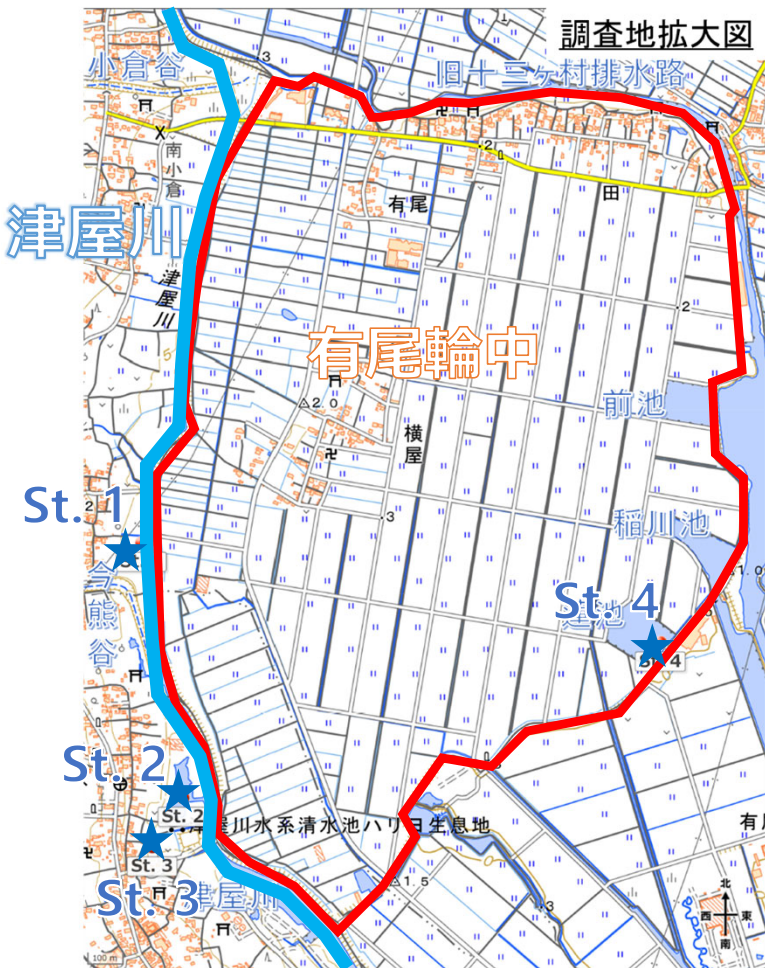
自然堤防

三角州

干拓地

氾
濫
原

調査地と現地観測 (2)



試料の処理と分析



	採取年月日	水域面積 (m ²)	備考
St. 1	2020年10月9日	182	1980年代造成
St. 2	2020年1月17日	7,600	100年以上残存
St. 3	2020年12月25日	70	造成湧水池
St. 4	2025年1月9日	18,900	輪中内の池

- 一定層厚 (10~15 mm厚) に切り分け, 湿潤 / 乾燥かさ密度を計測
- 乾燥試料の一部を約1カ月間封入後, γ 線スペクトロメーターで全 ^{210}Pb , ^{214}Pb と ^{137}Cs の各比放射能を計測
- supported ^{210}Pb 分 (^{214}Pb と等価) を差引き, 大気からのexcess ^{210}Pb の比放射能を推定

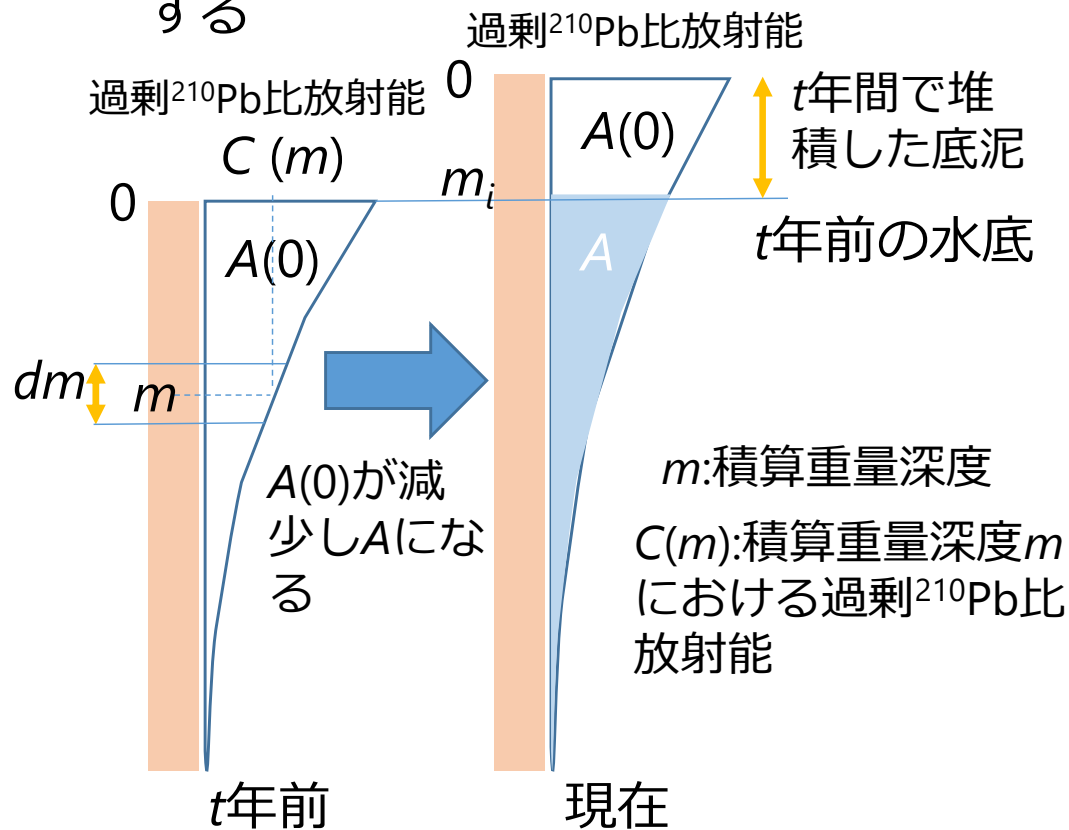
CRS (Constant Rate of Supply) モデルの適用

～Appleby and Oldfield (1978)

大気由来の ^{210}Pb の水底への供給量が一定

すなわち、単位面積当たりの過剰 ^{210}Pb の全鉛直現存量 $A(0)$ は常に一定を仮定

- 積算重量深度 m における過剰 ^{210}Pb の鉛直現存量 A [Bq/cm^2]は、指数的に減少する



実計算では、各層中の過剰 ^{210}Pb 現存量を区分求積し、試料最深部 (N) 以深の鉛直現存量 A_b を加えて積算して鉛直現存量を推定 (右式参照)

$$A(0) = \int_0^\infty C(m) dm = \text{const.}$$

$$A = A(0)e^{-\lambda t} = \int_{m_i}^\infty C(m) dm$$

深度 m_i の堆積年代

$$\therefore t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{A(0)}{A} \right)$$

$$A(0) = \sum_1^N \Delta A_n + A_b \quad A_b = \frac{1}{\lambda} r_b C_N$$

検出限界以下となった深度においては、重量堆積速度 r_b [$\text{g}/\text{cm}^2/\text{yr}$]一定とする

水害，改修履歴の抽出・整理

材料として使用した主な参考文献・資料

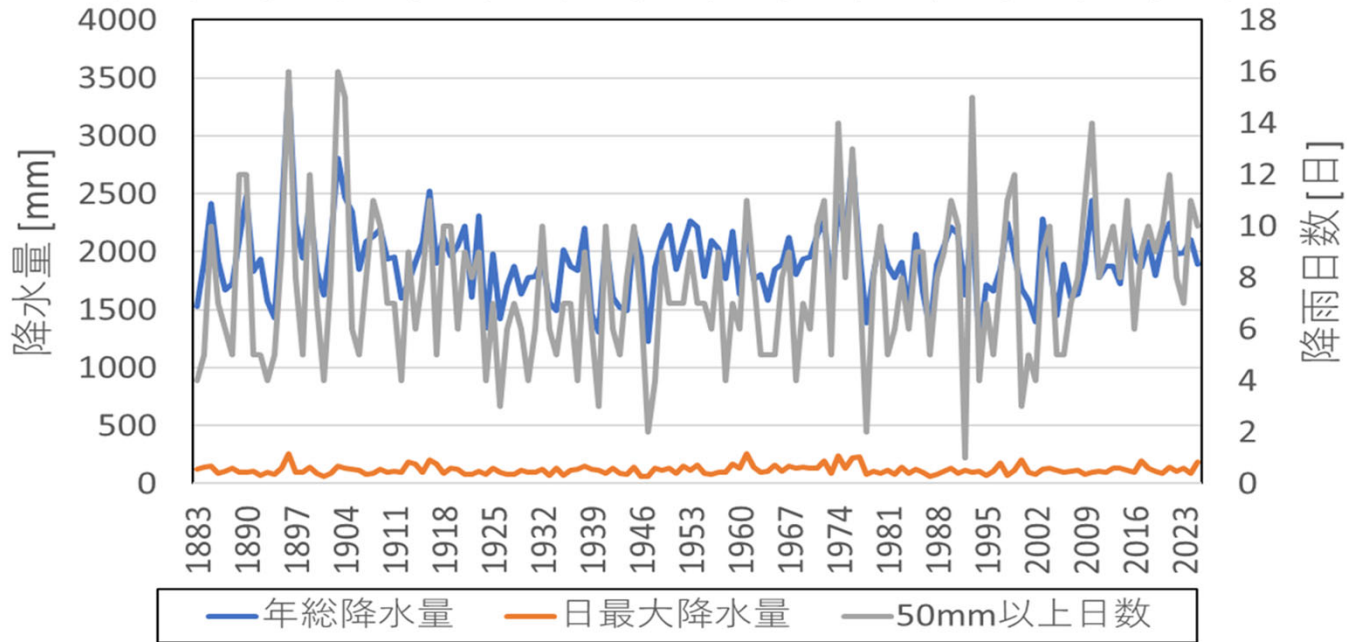
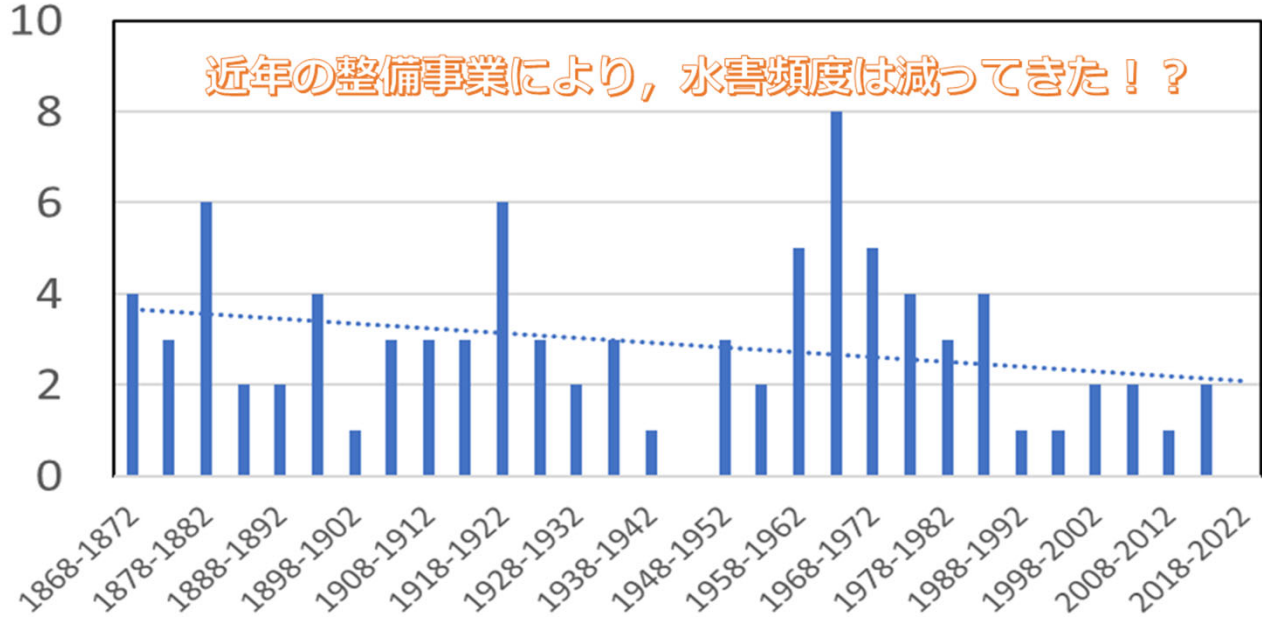
- 岐阜縣編：岐阜縣治水史（下巻），1981.
- 岐阜県：木曽川水系津屋川圏域河川整備計画，2001.
- 岐阜県土木部砂防課：伊勢湾台風と砂防，25p，1959.
- 南濃町：南濃町史・通史編，1982.
- 養老町：養老町の大水害，1962.
- 養老町：養老町史・通史編（上・下巻），1978.
- 養老町：養老町国土強靱化地域計画（令和3～7年度），2021.
- 養老町教育委員会：郷土の治水—養老町における水との闘い—，1991.
- 岐阜地方気象台編：岐阜県災異誌，122p，1965.
- 国土交通省：昭和36年～令和4年水害統計，1962～2024.
- 木村正信・安江宮彦：養老扇状地における砂防ダム配置の特徴，岐阜大農研報43：65-73，1981. ほか

調査地周辺で生じた主要な水害

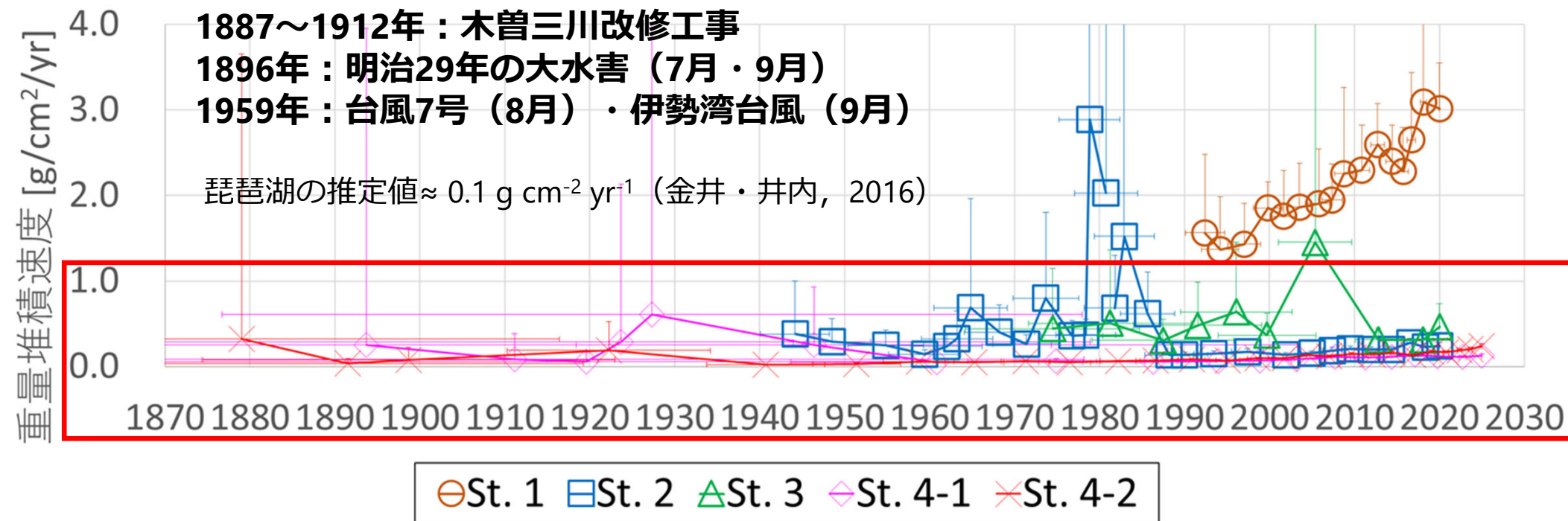
1883～1960年代：養老山麓の砂防整備，1957～1970年代：圃場整備，
1959年の本川下流端の水門整備，1985～1992年の下流河道の改修 など

期間	水害の発生時期	出典
1868-1872	1870年9月（2回）・10月（2回）	養老町史，県治水史，県災異誌
1873-1877	1875年8月，1876年9月（2回）	養老町史，！
1878-1882	1881年5・6・9月（2回），1882年7月・8月	養老町史， 県災異誌
1883-1887	1884年7月，1885年7月	養老町史， 県災異誌
1888-1892	1888年7・9月	1943-1947
1893-1897	1893年8月，1896年7・8・9月	1948-1952
1898-1902	1898年9月	1953-1957
1903-1907	1904年7月，1905年8月，1907年8月	1958-1962
1908-1912	1911年8月，1912年7・9月	1963-1967
1913-1917	1913年5・10月，1916年5月	1968-1972
1918-1922	1916年6月，1921年4・6・7・9月	1973-1977
1923-1927	1925年8・9月，1927年3月	1978-1982
1928-1932	1930年7-8月，1932年11月	1983-1987
1933-1937	1936年4・7月，1937年9月	1988-1992
1938-1942	1941年6月	1993-1997
		1998-2002
		2003-2007
		2008-2012
		2013-2017
		2018-2022

主要な水害の回数



堆積速度（重量堆積速度）の経年変化（1）

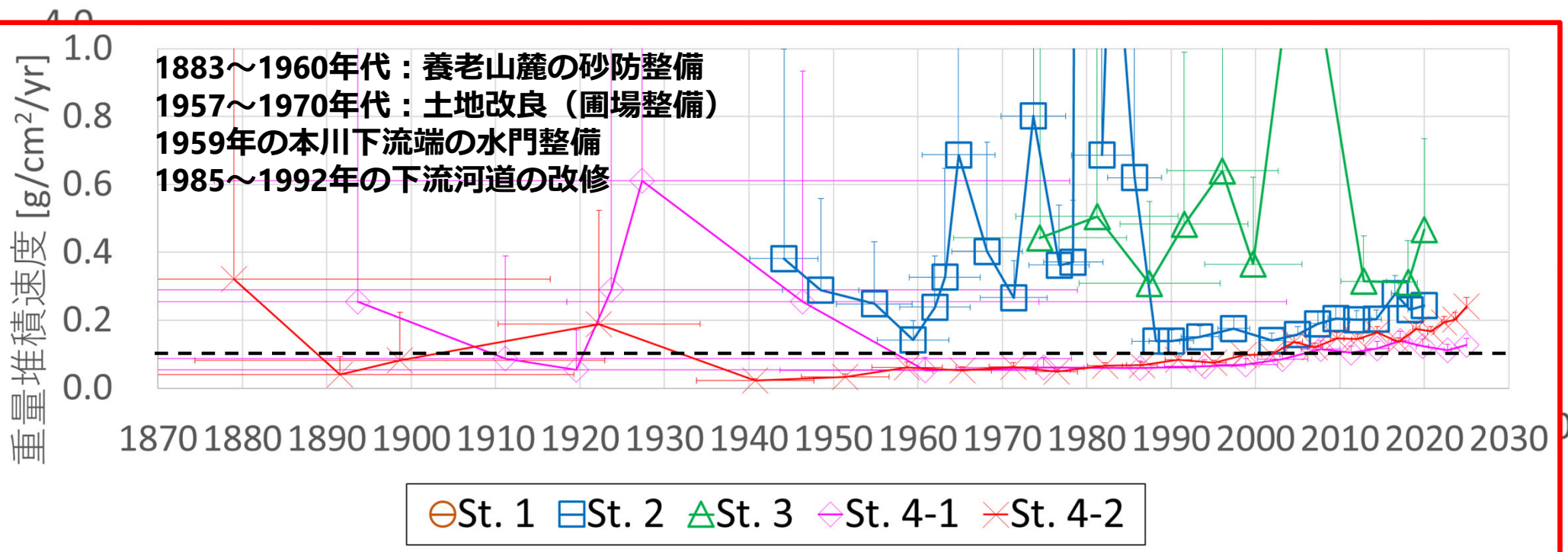


	推定できた 堆積年代期間	重量堆積速度 (g cm ⁻² yr ⁻¹)	
		期間全体	1992-2020年
St. 1	1992-2020	2.14±0.63	2.14±0.63
St. 2	1944-2020	0.49±0.88	0.20±0.03
St. 3	1974-2020	0.53±0.72	0.58±0.77
St. 4-1	1894-2025	0.15±0.70	0.10±0.02
St. 4-2	1879-2025	0.12±0.15	0.13±0.01

- ✓ 本川近傍のSt. 1が際立って大きく、St. 2では1970-80年代に、St. 3では2000年代に大きかった。
- ✓ 本川流路に連なるSts. 1～3に比べて、懸け回し堤に守られたSt. 4の堆積速度は顕著に小さくなった。
- ✓ St. 4の重力堆積速度は顕著に小さく（左表，呼称と同程度），氾濫を抑制する堤防効果が作用したと考えられる。

輪中内の池では1879（明治12）年，津屋川本川に接続する水域では1944（昭和19）年まで推定できた

堆積速度（重量堆積速度）の経年変化（2）



- **St. 1は1994年以降に増加傾向を示し、1992, 2000, 2013, 2018年で大きく、St. 2は1965, 1974, 1979, 1981, 1983年、St. 3は1996, 2005年に大きくなった。St. 4-1では1894, 1924, 1927, 1946年で大きく、1999年以降に増加傾向を示し2007, 2017年にやや突出した。St. 4-2では1879, 1922, 1959, 1971年に大きく、1977年以降の顕著な増加傾向の中で1991, 2004, 2010, 2014, 2021年にやや突出した。** ⇒ **堆積速度のピークに対応する時期の水害が存在**
- St. 1, St. 2, St. 4-1, St. 4-2で確認された堆積速度の増加傾向※は、土地改良の影響が示唆されるが（St. 4-2）、上流河道の改修（St. 1）、耕作形態の変化（St. 4-1）などの別の要因が影響した可能性も考えられる。

1959年伊勢湾台風の影響

養老山系の砂防に救われた津屋川と、砂防施設が無いため、各溪谷が荒廃の極に達したために大災害を惹起した牧田川とは誠に対照的である(原文ママ)

砂防施設の完備せる津屋川水系

砂防施設の不十分なる
牧田川上流



津屋川への影響はほとんどなかった



牧田川沿川域には
土砂流出、氾濫など多大な影響も

調査地上流における砂防工事の履歴 (施工面積／集水面積を併記)



調査地

調査地上流域の谷（支川）の配置（岐阜県、1995）

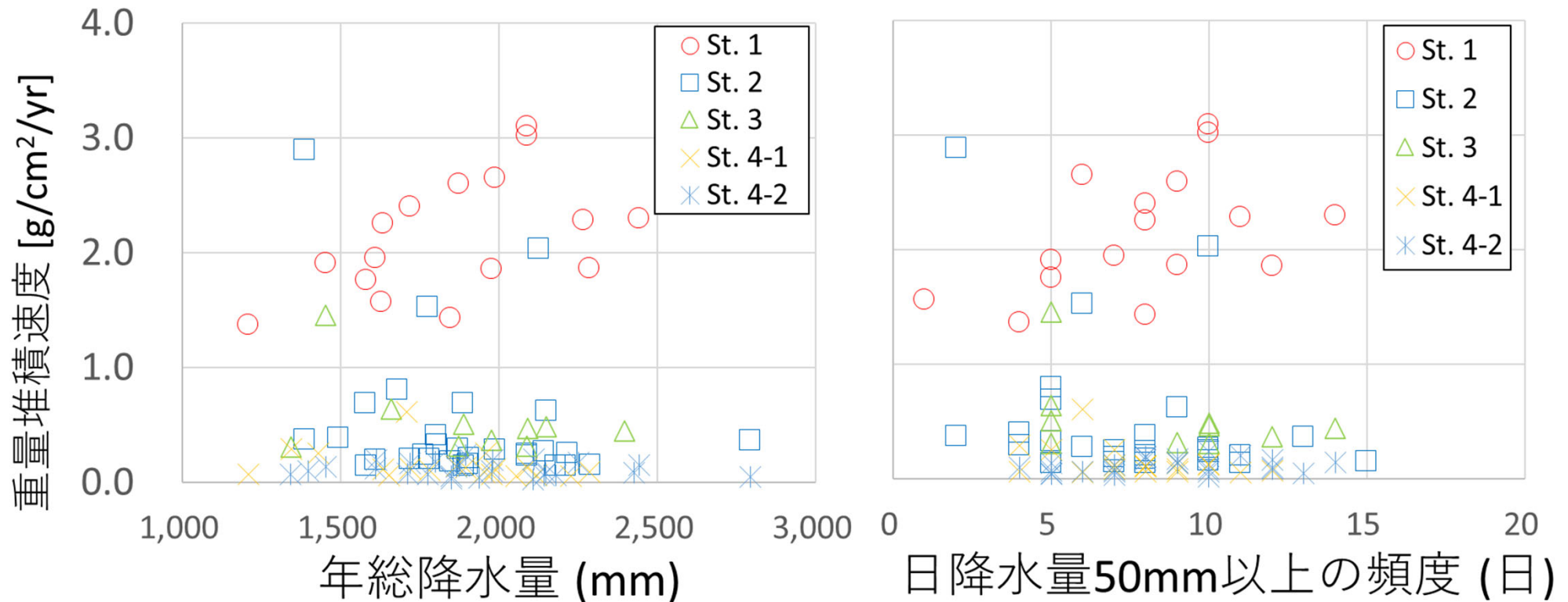
**堆積速度が大きかった1979-86年までに
ほぼ現況の整備状況に進展**

- 小倉谷（11.67／239.75ha）砂防整備
 - 明治16（1883）～45（1912）年：
 - 堰堤工3力所
 - 大正元（1912）～15（1926）年：
 - 堰堤工10力所
 - 昭和元（1926）～10（1935）年：
 - 堰堤工4力所，床固工／帯工67力所
 - 昭和11（1936）～20（1945）年：
 - 堰堤工2力所，床固工／帯工53力所
 - 昭和21（1946）～30（1955）年：
 - 床固工／帯工6力所
 - 昭和31（1956）～40（1965）年：
 - 堰堤工3力所，床固工／帯工1力所
 - 昭和41（1966）～54（1979）年：
 - 堰堤工1力所，床固工／帯工1力所
- 今熊谷（5.61／136ha）砂防整備
 - 昭和4（1929）～35（1960）年：
 - 堰堤工14力所，床固工／帯工28力所
- 風呂谷（2.71／90.94ha）砂防整備
 - 明治43（1910）～昭和37（1962）年：
 - 堰堤工7力所，床固工／帯工12力所

出典：木村・安江（1980）

降雨データと堆積速度の関係

データ出典：気象庁アメダス・岐阜市



- 堆積速度を目的変数とする単回帰分析では、水害発生回数を説明変数とした場合、いずれの地点でも統計的な有意性、顕著な正の相関関係は見出せなかった。
- 岐阜市の降雨データ（気象庁，1883～）を説明変数とすると、**St. 1の年総降水量** ($r^2 = 0.25$, $P < 0.05$)、**豪雨日数** ($r^2 = 0.23$, $P = 0.06$)、**St. 2の日最大降水量** ($r^2 = 0.12$, $P = 0.06$)、**豪雨日数** ($r^2 = 0.11$, $P = 0.06$)、**St. 4-1の日最大降水量** ($r^2 = 0.15$, $P = 0.10$)、**豪雨日数** ($r^2 = 0.17$, $P = 0.08$)の有用性が確認された。ただし、正の相関を示したのは、St. 1の年総降水量と豪雨日数のみ。

まとめ

- 現在も輪中堤防や無堤区間が残る津屋川水系に残存する半閉鎖性水域を対象に、 ^{210}Pb 法を適用して堆積年代を推定し、氾濫原の環境復元を試みた（堤内地では1879年、本川に接続する水域では1944年まで推定できた）。
- 近代以降の水害記録、治水整備、土地改良に関する文献レビューを行い、それらの相互関係を整理したうえで、各水域で推定された各年代の堆積速度に及ぼす影響を考察した。
 - ◆ 豪雨が生じて堆積速度が増加する（土砂が流入する）のは本川に近接する地点に限られ、特に堤内地では、その影響は明らかでなく、氾濫抑止効果が確認された。
 - ◇ 堆積速度はそのピークだけでなく、その増加傾向も氾濫原の堆積環境を反映しており、周辺地域の土地改変などの影響を反映する可能性が示唆された。
- ここで示した方法論は、氾濫原の土砂動態の一端を明らかにしただけでなく、河道外の貯留施設の設計など、流域治水を体現するシステムの構築に資するものと評価される。

※本研究は、JSPS科研費25K21642の助成を受け、2022-2025年度人間文化研究機構「人・モノ・自然プロジェクト」連携公募研究、総合地球環境学研究所プロジェクト（RIHN 14210172）の一環として実施した。有尾輪中入会地での調査に際し、養老町田集落の方々に便宜を図っていただいた。