

令和2年度国東半島宇佐地域世界農業遺産調査研究事業 報告書

国東半島・宇佐地域のため池群の 物質フローについての研究

大分大学 全学研究推進機構

西口宏泰

目次

緒言	3
はじめに.....	3
好循環を生み出す理由.....	3
研究目的.....	4
実験方法	5
測定場所.....	5
水質測定方法	6
土壌分析方法	7
可給態リン酸、可給態ケイ酸の分析方法.....	7
シチトウイの成分分析.....	7
シチトウイ引張強度測定方法.....	8
実験結果	9
水質研究結果	9
土壌分析結果	13
シチトウイの成分分析結果.....	14
シチトウイの引張強度結果.....	15
結言	16

第1章 緒言

1-1 はじめに

大分県国東半島・宇佐地域は2013年に日本最大のクヌギ林と約1200小規模のため池群が農林水産資源として世界農業遺産（GIAHS）に登録された。国東半島宇佐地域世界農業遺産推進協議会によると、世界農業遺産（GIAHS）とは、食料の安全確保を目指す国際組織である、国際連合食料農業機関（FAO）が2020年に開始したプロジェクトで、次世代に受け継がれるべき伝統的な農業・農法とそれにかかわって育まれた文化、景観、生物多様性などが一体となった世界的に重要な農業システム（林業及び水産業を含む。）を認定し、その保全と持続的な活用を図るものである¹⁾。

この地域は、九州の北東部に位置し、瀬戸内海の南端に突き出した丸い半島を中心とした地域である。地形は中央部にある両子山系の峰々から放射状に延びた屋根と深い谷からなり、平野部が狭小であるため、短くて急勾配な河川が多数存在する。沿岸部の年間降水量は1,500mm前後と全国平均の約1,700mmを下回り、特に冬季に降水量が少ないことが特徴である。また、雨水の浸透しやすい火山性の土壌であるため、河川からの利水が困難であり、古くから水の確保が困難な地域である。安定的に水田農業を営むうえで、ため池は必要不可欠なものであった。加えて、地域条件から大規模なため池を築造することができなかったため小規模なため池を複数連携させて必要な水量を確保することとなった²⁾。

また、この地域では、原木しいたけ栽培が盛んに行われている。全国的に有名な大分県産原木しいたけの生産量と品質を支えているのは、日本最大のクヌギ林である。

そのため、クヌギ林とため池群は、維持・管理され、グリーンツーリズムなどの都市と農村の積極的な交流促進や地域ブランド力の強化に力が注がれてきた。特徴的な農林水産システムは、クヌギがしいたけの成長に必要な栄養源を供給し、原木しいたけという食品を生み出すとともに、森林の新陳代謝や水資源やかん養などを促している。このように、人々が適正に維持・管理することにより、生態系を保存しながら水稲や原木しいたけ、シチトウイ等の農業、生物資源の好循環を生み出している。シチトウイは、主に畳表に用いられる農作物で、現在は大分県国東半島でのみ生産されている。かつては、国東半島だけではなく県内いたるところで栽培されていたシチトウイが今は国東半島安岐地区だけとなり、農家は5軒を残すだけになった³⁾。

1-2 好循環を生み出す理由

クヌギはほだ木として原木しいたけ成長に必要な栄養源を供給し、3～4年もの間、原木しいたけの生産に利用される。つまり、クヌギ林が原木しいたけという食料を提供する。さらに、クヌギは切り株から萌芽して約15年で再生するため、クヌギの伐採と再生が繰り返されることは、森の新陳代謝にも貢献している。また地域に降り注いだ雨水は落ち葉や原木しいたけ栽培で使用を終えた原木などが腐食して膨軟な保水層を形成し、ため

池の水源をかん養するとともに、有機物や栄養となるケイ酸塩 (SiO_2)、リン酸塩 (PO_4^{3-})、硝酸塩 (NO_3^-)、亜硝酸塩 (NO_2^-) などのミネラルと栄養分を豊富に含んだ湧水やため池の水となっている。そして、このため池に貯められた水がため池のある山間部から下流域の水田に至るまで、多様な生物が生息できる天然自然を生み出している。

1-3 研究目的

前述のとおり、人々が適正に維持・管理することにより、生態系を保存しながら水稲や原木しいたけ、シチトウイ等の農業、生物資源の好循環を生み出している。だが、好循環を生み出す要因としてため池群がどのような役割を果たしているか未知の部分も少ない。

そのため、上流域から下流域のため池群と河川水の水質分析と周辺の土壌分析、生物資源の分析を行うことにより元素や物質のフローについて検討し、シチトウイやクヌギ林とため池群の関係について知見を得ることを目的とする。

3つのポイントで物質フローを検討していく。1つ目は河川も含むため池群や湧水の水の分析だ。2つ目は土壌だ。土壌と土壌から作物に影響する可給態ケイ酸、可給態リン酸を分析する。3つ目は生物資源だ。今回はシチトウイと、比較対象としてイネを分析していく。これらを総合して、国東半島・宇佐地域の物質フローの検討を行った。

第2章 実験方法

2-1 測定場所

測定場所は、国東半島・宇佐地域だ。図1に測定場所の全体図を示す。測定場所の選択理由は、生物資源を育てていること、ため池群やクヌギに関係している場所など、ため池群と産業が利活用されていることが見えることである。

A (安岐町塩屋), B (安岐町両子), C (安岐町明治) の3地点である。A,B,C地点それぞれの詳細な位置を図2、3に示す。A地点のA1,2はそれぞれ別のため池である。B地点はB1がクヌギ林のある(萌芽更新4年目)山頂付の湧水、B2はクヌギ林からの谷筋の水、そしてB3が稲作に利用されている両子川の水である。C地点はC1が朝来野河川水でシチトウイ栽培に利用されている。C2,3は連なるため池である。



図1 測定場所 Google Maps

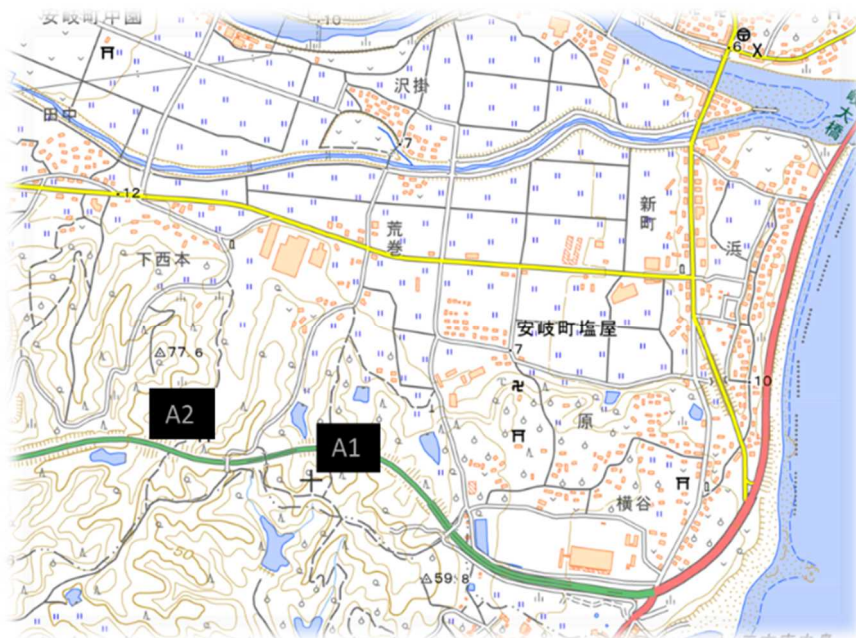


図2 測定場所 A 地点 電子国土 web

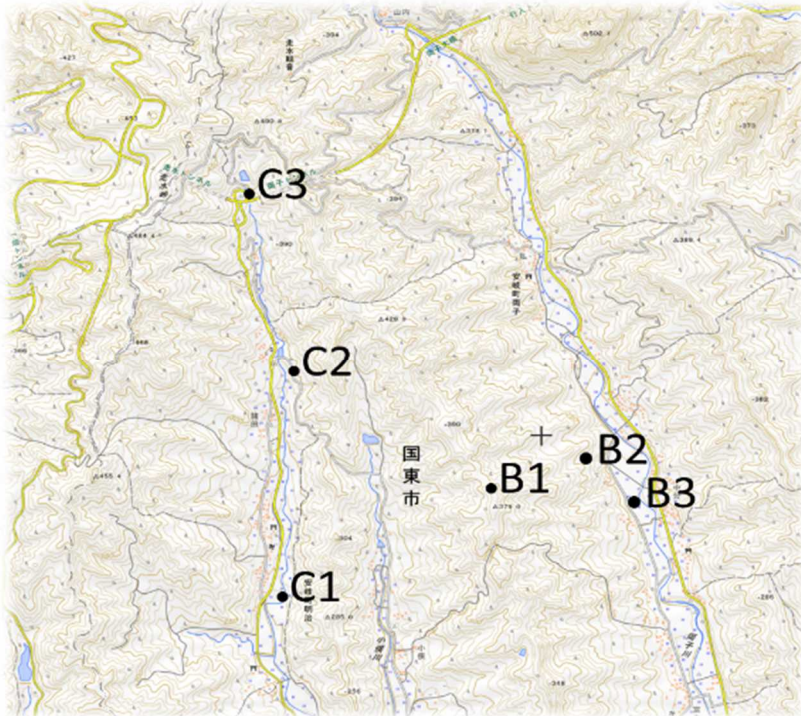


図3 測定場所B,C地点 電子国土 web

2-2 水質分析方法

測定項目は、ケイ酸 (SiO_2)、リン酸 (PO_4^{3-})、硝酸(NO_3^-)、亜硝酸 (NO_2^-)、ホウ素 (B)、鉄 (Fe)、陽イオン (Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+})、電気伝導率 (EC)、pHである。

ケイ酸、リン酸、硝酸、亜硝酸、ホウ素、鉄は、まずは図4に示したパケットテスト（共立理化学研究所）を使用した。パケットテストとは、比色分析法を用いた簡易型測定器だ。色の变化で水の中の物質の濃度(mg/L=ppm)を表す。反応時間後に吸い込んだ水の発色を標準色と目視で見比べ、同じ色あるいは似た色を探して、一番近い色の数値が、測りたい成分の濃度となる⁴⁾。だが、このパケットテストだとある程度の濃度の予測しかできない。正確な数値としての濃度はわからない。そのため、目視での確認を行ったあと、同溶液を用いて、図5に示したデジタルパケットテスト（共立理化学研究所）を使用した。デジタルパケットテストは、吸光光度法により、正確な濃度を測定する器具だ。

ケイ酸とリン酸は、モリブデン青比色法（また吸



図4 パケットテスト⁴⁾

出典：共立理化学研究所「パケットテストについて」<<https://kyoritsu-lab.co.jp/qa>>

2021年2月12日アクセス。

光光度法)、硝酸と亜硝酸はナフチルエチレンジアミン比色法、
ホウ素はアゾメチレン H 比色法、鉄は還元と o-フェナントロリン
比色法を用いたパックテストまたデジタルパックテストを使用
した。

陽イオン (Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+})、電気伝導率 (EC) は、それぞれ
コンパクト型水質計 (Horiba LAQUAtwin) を用いた。

pH は、pH メーター (HORIBA) を用いた。

水質分析方法は、主に現地調査が誰でもしやすい、簡単かつ機
動性の優れた方法で行った。



図5
デジタルパックテスト

2-3 土壌分析方法

B1、B3 地点(2020/9/23 採取)は室内に広げ、室温で一週間以
上放置し、風乾した。B1、C1 地点 (2021/2/6 採取) は、紙に広
げ、50°C低温器中で風乾した。サンプリングしたものには、土以
外の石や植物の根などが混合しているため、団粒をハンマーで砕き、ふるい (ステンレス
製、目びらき 2mm) にかけて、土を選別した。乳鉢でより細かくし、XRF (エネルギー分
散型蛍光 X 線分光分析装置) 測定し、K, Na, Mg, Si 等について FP 法を用いて算出した。

2-4 可給態リン酸、可給態ケイ酸の分析方法

土壌中のリン酸・ケイ酸がすべて作物に利用できるわけではない。可給態リン酸、可給態ケ
イ酸とは、作物が利用できる、また水に溶けやすいリン酸・ケイ酸がどのくらいあるかを示す
指標である。

可給態リン酸は、Truog 法⁵⁾を使用した。0.001mol/L の硫酸に 1 L あたり硫酸アンモニウム
を 3g 加え、抽出液とした。風乾細土 0.25 g を、振とう容器にとり、抽出液を 20ml 加え、3
0 分、幅 25 mm、速度 200rpm で振とう器にかけた。その後、ろ過した溶液を水質分析と同様に
リン酸のデジタルパックテストにかけ、濃度を測定した。

可給態ケイ酸は、風乾細土 5 g を 100ml 容ポリエチレン瓶にとり、RO 水を 30ml 加え、密
閉して、40°C定温器中に静置した。一週間後にとりだし、上澄み液をとり、水質分析と同様に
ケイ酸のデジタルパックテストにかけ、濃度を測定した。

2-5 シチトウイの成分分析方法

乾燥サンプルをステンレス製のハサミで 2 cm に切り、ミキサーに 2 分間かけ、細かく
粉碎した。450°Cで 4 時間加熱し、灰化させた。そして、XRF で測定し、K, Na, Mg, Si 等
について FP 法を用いて算出した。

2-6 シチトウイ引張強度測定方法

乾燥サンプルを7 c mに切り出し、フォーステスターMCT-2150（A&D社製）にて測定した。引張方向はサンプルの天地方向、つかみ具間距離は3 c m、引張速度は10mm/minである。一つにサンプルにつき、3回測定し、平均をとった。

第3章 実験結果

3-1 水質研究結果

表1に2020年9月23日、表2に2020年12月23日、表3に2021年2月6日に採取した各地点の水質分析結果をそれぞれ示す。

表1. 各地点の水質分析結果 2020/9/23

	ケイ酸 (ppm)	リン酸 (ppm)	硝酸 (ppm)	亜硝酸 (ppm)	ホウ酸 (ppm)	鉄 (ppm)	ph	EC (mS/cm)	Ca ²⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)
A1	20.2	0.10※2 under	1.0 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	6.87	0.133	120	2	9
A2	29.8	0.15	1.0 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.02	0.198	360	1	13
B1	61※1	0.16	1.0 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.01	0.090	140	2	6
B2	28.6	0.37	3.5 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.33	0.089	170	1	5
B3	49.9	0.18	1.0 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.60	0.102	130	3	5
C1	45.3	0.13	2.8 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.04	0.156	150	15	8
C2	27.3	0.10 under	1.5	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.20	0.104	180	4	5
C3	34.3	0.10 under	1.0 under	0.02 under	0.50 under	0.10 under	7.24	0.081	85	3	5

※1 デジタルパックテストの最大検出限界(50ppm以上) 10倍希釈にて測定

※2 最小検出限界

採取日2020年9月23日の前10日間は雨が降っていない。表1では、各地点でケイ酸とCa²⁺が多く検出された。一方、亜硝酸、ホウ酸、鉄はデジタルパックテストの最小限界以下の少量しか含まれていない。

B1～3、C1～3はそれぞれつながっているため、類似点も多い。

電気伝導率(EC)はどの程度イオンが含まれているかを表している。低いことから混合物が少量であることがわかった。

表2. 各地点の水質分析結果 2020/12/23

	ケイ酸 (ppm)	リン酸 (ppm)	硝酸 (ppm)	亜硝酸 (ppm)	ホウ酸 (ppm)	鉄 (ppm)	ph	EC (mS/cm)	Ca ²⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)
A1	19.9	0.55	1.0 ※2	0.05	0.50	0.10	7.51	0.111	29	2	8
			under		under	under					
A2	32.1	1.15	1.0	0.02	0.50	0.10	7.86	0.152	63	1	18
			under		under	under					
B1	83※1	0.40	1.0	0.02	0.50	0.10	7.85	0.070	16	2	10
			under		under	under					
B2	31.7	0.88	3.6	0.02	0.50	0.10	7.77	0.081	28	1	7
					under	under					
B3	47.9	0.49	1.0	0.02	0.50	0.10	7.78	0.065	23	2	8
			under	under	under	under					
C1	53※1	1.06	1.8	0.02	0.50	0.10	7.78	0.094	58	34	8
				under	under	under					
C2	23.0	0.26	1.0	0.02	0.50	0.10	7.60	0.081	27	2	23
			under		under	under					
C3	48.7	0.35	1.0	0.02	0.50	0.10	7.76	0.068	24	2	18
			under	under	under	under					

※1 デジタルパックテストでの最大検出限界 (50ppm 以上) 10 倍希釈にて測定

※2 最小検出限界

表1と同様に、採取日の2020年12月23日の前10日間は雨が降っていない。表1と同様に各地点のケイ酸の濃度が高い。一方、Ca²⁺の濃度は表1よりも低くなっている。その他は、表1と大きな変化はない。

表 3. 各地点の水質分析結果 2021/2/6

	ケイ酸 (ppm)	リン酸 (ppm)	硝酸 (ppm)	亜硝酸 (ppm)	ホウ酸 (ppm)	鉄 (ppm)	ph	EC (mS/cm)	Ca ²⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)
A1	20.6	2.20	1.0※2	0.02	0.50	0.10	7.59	0.125	36	2	23
			under		under	under					
A2	26.2	0.92	1.0	0.02	0.50	0.10	7.85	0.176	72	3	30
			under	under	under	under					
B1	20.4	0.79	1.0	0.02	0.50	0.10	7.88	0.101	23	2	8
			under	under	under	under					
B2	20.0	0.16	4.6	0.03	0.50	0.10	7.64	0.067	17	3	2
					under	under					
B3	20.0	0.20	1.1	0.02	0.50	0.10	7.81	0.091	84	2	5
				under	under	under					
C1	24.8	2.34	2.2	0.02	0.50	0.10	7.79	0.104	30	3	14
				under	under	under					
C2	17.2	0.48	1.0	0.02	0.50	0.10	7.54	0.093	11	1	25
			under		under	under					
C3	15.6	0.38	1.0	0.02	0.50	0.10	7.63	0.930	26	5	3
			under		under	under					
C1 雨	3.0	0.95	2.7	0.06	0.50	0.10	5.92	0.016	0	1	0
※1	under				under	under					

※1 C1 地点 2020/12/28 採取

※2 最小検出限界

採取日の 2021 年 2 月 6 日、当日には雨が降っていた。それぞれの採取場所である河川やため池は雨により増水している場所もあった。

採取前 10 日間雨が降っていない表 1, 2 と比べ、ケイ酸の濃度が低い。C1 地点の雨水の水質分析結果を見るとおり、ケイ酸の濃度はデジタルパックテストの最小限界である 3.0ppm 以下である。この地域の雨にはケイ酸がデジタルパックテストで測定できない最小限界以下しか含まれていない。そのため、各地点のケイ酸の濃度は通常時より、雨によって薄まったと考えられる。C1 雨水にはケイ酸とは違い硝酸やリン酸が含まれているため、各地点で硝酸やリン酸が表 1, 2 よりも多くみられるところもある。ケイ酸とは逆に雨水によって濃度が若干濃くなったと考えられる。

表1～表3を検討してみると、各地点、どの採取日でもケイ酸の濃度が高い。特に B1、C1 地点がデジタルパックテストの最大限界 50ppm 以上のケイ酸を保有している。B1 地点は湧水でクヌギ林が広がっている。一方、C1 地点は朝来野川でシチトウイ栽培に利用されている。

また、電気伝導率（EC）の値が低く、混合物が少ない。

各地点、どの日付でも亜硝酸、ホウ酸、鉄はデジタルパックテストの最小限界以下であり、ほとんど含まれていないことがわかる。

3-2 土壌分析結果

土壌サンプルは、B1、B3 地点(2020/9/23 採取)と B1、C1 地点 (2021/2/6 採取) である。表4にXRFによる土壌分析結果を示す。

表4. 土壌分析結果 (wt%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	K ₂ O	ZrO ₂	Eu ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅
B1 土壌 (2020)	41.04	24.52	22.72	6.61	1.63	1.23	0.64	0.99	0.24	0.18	0.14	0.062
B3 土壌 (2020)	21.95	17.25	9.28	47.06	0.46	1.75	0.38	0.92	0.55	0.23	0.18	0.00016

B1 (2020.9.23)は、山頂付近のクヌギ林の土壌だ。ケイ酸、酸化アルミニウムの含有量が多い。一方、B3 (2020.9.23)は、両子川を利用し、稲作を行っている土壌である。酸化鉄、ケイ酸、酸化アルミニウムが多く含まれている。

3-3 可給態リン酸、可給態ケイ酸の分析結果

サンプルは、土壌分析と同様に B1、B3 地点(2020/9/23 採取)と B1、C1 地点 (2021/2/6 採取) である。表5に可給態リン酸の分析結果、表6に可給態ケイ酸の分析結果を示す。

表5. 可給態リン酸の分析結果

	試料重量 (g)	可給態リン酸 (mg/L)	土壌中の 可給態リン酸(wt%)	土壌中の リン酸(wt%)	土壌リン酸中 可給態 (wt%)
B1(2020.9.23)	0.2487	0.83	0.0083	0.062	13.46
B3(2020.9.23)	0.2511	0.29	0.0029	0.00016	1804

2021年2月6日に採取したB1,C1は、採取日に雨が降っていた。この地域は、雨水の浸透しやすい火山性の土壌である。表3のC1地点の雨水の水質分析から、国東の雨水にはリン酸が含まれているため、2020年9月23日に採取したB1地点よりも2021年2月6日に採取したB1地点の方が多くリン酸が含まれていると考える。

B1 (2020.9.23)の結果からB1地点では、土壌中のリン酸の約13%が植物に影響が与えることがわかった。だが、量としては、土壌のわずか0.83%である。元々、表4よりこの地域の土壌には、あまりリン酸は含まれていないため、土壌中のリン酸が植物に与える影響は微量であると思われる。一方、B3(2020.9.23)の土壌中リン酸よりも可給態リン酸の方が多結果になってしまった。B3のサンプリングした土壌は、ほぼ自然な状態のB1クヌギ山頂付近と違い、稲作をしているため、肥料等をまいている可能性もあるため、上記のような結果になったと考えられる。

表 6. 可給態ケイ酸の分析結果

	試料重量 (g)	可給態リン酸 (ppm)	土壌中の 可給態ケイ酸 (wt%)	土壌中の ケイ酸 (wt%)	土壌ケイ酸中 可給態 (wt%)
B1(2020.9.23)	5.0254	10.8	6.4	41.04	15.70
B3(2020.9.23)	4.9197	19	11.58	21.95	52.78

B1 地点 (クヌギ林) は、肥料等はなく自然な状態だと思われる。土壌中のケイ酸の 15.7% が植物に影響を与えることがわかった。その量は土壌中の 6.4% だった。一方、B 3 (稲作地点) は、土壌中のケイ酸の 52.78% が植物に影響を与えることがわかった。その量は土壌の 11.58% だった。だが、B 3 地点は肥料が与えている可能性があるため、B 1 地点より多くなったと考える。

3-4 シチトウイの成分分析結果

乾燥サンプルはシチトウイ A1(2020), A2(2020), C1(2017, 2019, 2020), イネ B3(2020) である。

表 7 に XRF によるシチトウイの成分分析結果を示す。

表 7. シチトウイ成分分析結果 (w t %)

	K ₂ O	SiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	MgO	Cl	Na ₂ O	Mno	ZrO ₂
A1 シチトウイ (2020)	27.0	25.6	14.4	8.9	8.5	6.5	4.3	3.6	0.6	0.3
A2 シチトウイ (2020)	29.3	24.4	12.6	6.9	9	5.1	6.9	5.0	0.1	0.3
C1 シチトウイ (2017)	79.9	7.0	2.2	1.7	1.7	0.9	1.4	4.8	0.2	0.2
C1 シチトウイ (2019)	80.1	6.2	3.5	0.0001 under	1.9	1.4	1.5	3.5	0.66	1.2
C1 シチトウイ (2020)	78.2	6.4	1.1	3.5	2.5	1.3	2.5	4.2	0.2	0.2
B3 イネ (2020)	11.8	82.7	1.6	0.8	0.4	0.6	1.1	0.0001 under	0.3	0.2

サンプルは 450°C で 4 時間加熱し、灰化させているため、P₂O₅ は加熱の際に失われた分もあるため、正確な値ではないとする。

B3 のイネと他のシチトウイを比べると、イネはケイ酸 (SiO₂) が多く含まれていることがわかる。

一方、A 地点のシチトウイは、酸化カリウム (K₂O) とケイ酸 (SiO₂) をほぼ同量に含んでいる。だが、C1 地点シチトウイは、酸化カリウム多く含んでいる。

また、C1のシチトウイには2017年から2020年の間で変化はほとんどない。

3-5 シチトウイの引張強度結果

乾燥サンプルは、シチトウイ成分分析と同様にシチトウイ A1(2020), A2(2020), C1(2017, 2019, 2020), イネ B3(2020)である。

表8にシチトウイの引張強度結果を示す。

表8. シチトウイの引張強度結果

	引張破断応力 (MPa)	サンプル形状
A1(2020)	35.65	板状 (一部分変形弧型)
A2(2020)	27.81	板状 (一部分変形弧型)
C1(2020)	51.17	板状 (外皮)
C1(2019)	39.56	板状 (一部分変形弧型)
C1(2017)	39.79	板状 (一部分変形弧型)
稲	19.98	つぶれた円形

稲の引張破断応力と比べると、シチトウイの引張破断応力が非常に高いことがわかる。破断した外皮の形状も、強度に関係すると考えられる。

第4章 結言

表1～3の水質分析結果、表4の土壌分析結果から、国東半島・宇佐地域では水・土壌から他の成分と比べるとケイ酸が多く含有されていることがわかる。表3のC1地点の雨水の水質分析結果から、この地域の雨水にはケイ酸がデジタルパックテストの最小限界以下の濃度しか含まれないことがわかるため、ケイ酸が多く含まれるのはこの地域の土壌・湧水・ため池群の特徴だと推測できる。

表7のシチトウイの成分分析結果からも、イネ・シチトウイともにケイ酸が多く検出できる。ケイ素は生体元素として特異性を秘めている。生物は、ケイ素を保護や支持組織の素材として使用している。細胞壁の内外にシリカとして沈殿し、細胞の機械的強度に貢献している。イネの育成に対するケイ素の影響は計り知れない。病原菌、害虫の侵入の阻止、過蒸散の抑制、倒状・低温・高温・乾燥・塩ストレスの軽減、養分アンバランスの是正、金属毒性の軽減等がある。また、ケイ素は細胞壁の内外にシリカとして沈殿し、細胞の機械的強度に貢献しているつまり、ケイ素を多く含有することは、高い耐久性につながる⁷⁾。実際に、表8のシチトウイの引張強度結果をみると、シチトウイは、高い耐久力をもつことがわかる。イネの方が表7をみると、ケイ酸の含有量は多い。だが、耐久力はシチトウイの方が高い。おそらくは、シチトウイのシリカを沈殿された外皮の形状が高い耐久力に影響しているのだと思われる。

国東半島は、ケイ酸を多く含有する土壌・河川を含む湧水やため池群を活用し、高い耐久性をもつ名産であるシチトウイを生産している。

今後、継続的にため池、河川、土壌の分析を行い、変化について検討する予定である。

参考文献

[1]国東半島宇佐地域世界農業遺産推進協議会(2013)『「世界農業遺産」クヌギ林とため池がつなぐ国東半島・宇佐の農林水産循環』.

[2]林 浩昭『クヌギ林とため池がつなぐ国東半島・宇佐の農林水産循環』, pp.1-41. 国東半島宇佐地域世界農業遺産推進協議会.

[3]くにさき七島蘭振興会『七島蘭 全ての琉球畳のルーツがこの国東にある』.

[4]共立理化学研究所「バックテストについて」 <<https://kyoritsu-lab.co.jp/qa>> 2021 年 2 月 12 日アクセス.

[5]財団法人日本土壌協会 (2001)『土壌機能モニタリング調査のための遡上、水質及び植物体分析法』, pp79-83.

[6]岩見裕子¹, 氏家誠司² (2020)『地域資源「七島い」を用いた材料の開発のための科学的調査』, ¹大分大学 理工学部 技術部報告, ²大分大学 理工学部 共創理工学科.

[7]山池直樹(2006)『イネのケイ酸吸収機構』, 岡山大学資源生物化学研究所.