

佐鳴湖流域における農耕地の変遷と施肥窒素成分収支

堀江優子¹⁾・鈴木則夫²⁾・小杉徹³⁾・神谷径明⁴⁾・中村仁美⁴⁾・

中島雅弥⁵⁾・堀内正美⁶⁾・大石直記¹⁾・竹内淑子⁷⁾・

松浦英之⁸⁾・吉川公規⁹⁾・中村明弘¹⁰⁾

¹⁾農林技術研究所本所, ²⁾前農林技術研究所本所, ³⁾農林技術研究所本所(現茶業研究センター),

⁴⁾静岡県農業試験場(現志太榛原農林事務所), ⁵⁾静岡県農業試験場(現西部農林事務所),

⁶⁾静岡県農業試験場(現中遠農林事務所), ⁷⁾静岡県農業試験場(現農林大学校),

⁸⁾茶業研究センター, ⁹⁾果樹研究センター(現農林技術研究所本所),

¹⁰⁾果樹研究センター(現西部農林事務所)

Transition of Farm Land Uses and the Nitrogen Balance Derived from Fertilizers and Manure in the Catchment Basin of Lake Sanaru

Yuko Horie¹⁾, Norio Suzuki²⁾, Toru Kosugi¹⁾, Michiaki Kamiya¹⁾, Hitomi Nakamura¹⁾,
Masaya Nakajima¹⁾, Masami Horiuchi¹⁾, Naoki Oishi¹⁾, Yoshiko Takeuchi¹⁾,
Hideyuki Matuura³⁾, Kiminori Yoshikawa⁴⁾ and Akihiro Nakamura⁴⁾

¹⁾Shizuoka Res.Inst.of Agric.andFor. ²⁾ Before Shizuoka Res.Inst.of Agric.and For. ³⁾ Tea Reserch Center/
Shizuoka Res.Inst.of Agric.and For. ⁴⁾ Fruit Tree Reserch Center/ Shizuoka Res.Inst.of Agric.and For.

Abstract

In 2006, the total farming area in the upstream region of the Lake Sanaru basin was 138 ha, which was 60% of the area in 1999. Although the farming area in the Lake Sanaru basin was 622 ha in total on the map, 192 ha of them were not used for farming or converted to housing area. The commercial farming area in the Lake Sanaru basin was 494 ha in total. A total of 59 items were cultivated in the Lake Sanaru upstream region, and 81 items in the downstream region. In 2006, 153 t of the nitrogen was from manure used in the farming areas of the Lake Sanaru basin. Nitrogen remaining in the soil was estimated to be 51 t, as a result of 109 t being absorbed by the crops. The total nitrogen input in the Lake Sanaru basin has been decreasing since 2001.

キーワード：窒素負荷, 農耕地実態調査, 湖沼汚染

I 緒 言

静岡県浜松市西部に位置する佐鳴湖は面積 1.2km², 水深約 2m, 流域面積約 17.5km²で, 満潮時に浜名湖の海水が溯上する汽水湖である. 水質汚染度の指標である化学的酸素要求量(COD)の値は, 2001年から5年連続

で全国ワースト1となっている.

浜松市の調査法によると, 佐鳴湖流域の地下水(湧水)水質調査において高濃度の窒素が検出され, 土地系負荷, 特に農耕地における施肥が主要な原因であり, さらに負荷対策として農耕地における施肥量の適正化等による地下浸透経由の負荷低減対策が必要であると報告されてい

る¹⁾。佐鳴湖流域での環境負荷を低減するためには、農業由来の窒素等栄養塩類の負荷実態を把握することが急務である。

そこで、佐鳴湖流入河川及び流出河川流域における農耕地面積や作付品目、栽培様式、施肥実態を調査し、流域における農耕地の活用状況から集水域における施肥窒素の収支を試算した。さらに農業が及ぼす佐鳴湖水質環境への影響を評価したので報告する。

なお、この研究は将来的には施肥の改善により、環境負荷を低減するための前段階としての調査結果であり、静岡県が戦略課題研究「快適空間佐鳴湖の創造」の中で実施したものである。

II 材料及び方法

1. 調査流域

静岡県浜松市の西部に位置する佐鳴湖上流域の流入河川（段子川、新川、御前谷排水路）、下流域の流出河川（東神田川、境川、九領川、掘留川）の流域を対象とした。なお、各河川流域の設定範囲は佐鳴湖浄化対策専門委員会資料¹⁸⁾で示す流域区分地図を基準とした（図1）。下流域の河川は湖内に河川水が流入する感潮河川であるため調査対象とした。

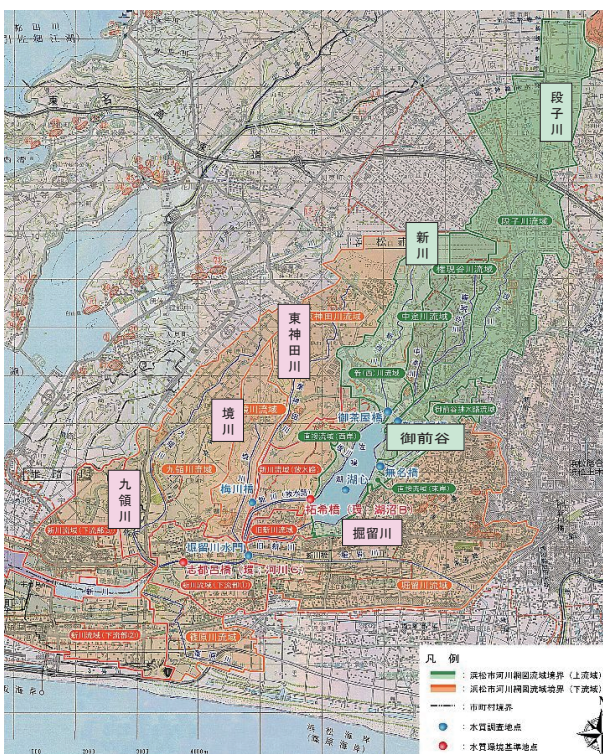


図1 佐鳴湖流域河川の概略図

2. 調査項目

調査対象とした各河川流域における農耕地利用面積、作付品目、栽培様式、施肥実態を調査した。さらに過去の資料から上流域の経時的変化を示した。

3. 調査方法

(1) 現地実態調査

平成17年から平成18年までの夏、秋、冬、春季において、ゼンリン住宅地図⁶⁾を基に農耕地表示されている土地について一筆毎に利用状況を調査した。

(2) 窒素収支

窒素施肥量は静岡県施肥基準（平成17年改訂版²¹⁾等を基にして算出した。窒素吸収量は既存資料^{14), 16), 27)}等を基とし、明らかでない品目は栽培試験を実施し算出した。なお、家庭菜園の栽培品目は、実態調査で確認された野菜類30品目、果樹8品目を対象とした。佐鳴湖流域の農耕地における全作付品目窒素施肥量から窒素吸収量を差し引き、施肥窒素収支として算出した。

III 結果

1. 流域の農耕地面積

(1) 上流域の農耕地面積とその利用

1) 農耕地表示面積の変遷とその利用

平成11年度静岡県建設部（旧土木部）作成の各流域別土地利用面積¹⁸⁾によると、佐鳴湖上流域（段子川、新川、御前谷排水路）の農耕地面積は248haであり、上流域面積1767haの内、14%を占めていた（表1）。農耕地面積は平成15年度には、174ha²⁾、平成18年には138haに減少していた（表2、図2）。

上流域農耕地の作目は、春夏作に根菜類が40ha余で最も多く、次いで永年作物の茶、果樹であった。また、家庭果樹や家庭花木、市民農園を含む家庭野菜等も

表1 平成11年度における佐鳴湖上流域土地利用面積(単位:ha)

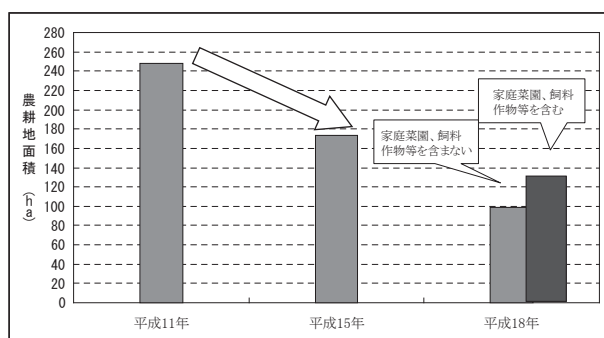
	平成11年度			
	段子川全域	新川	御前谷排水路	合計
田	7	9	0	16
畑	176	52	4	232
農地計	183	61	4	248
山林	52	57	8	117
宅地ほか	967	155	99	1221
合計	1385	272	110	1767

1)第2回浜松土木専門委員会資料より抜粋。

表2 平成15、18年度における佐鳴湖上流域農耕地利用面積(単位:ha)

	平成15年度				平成18年度			
	段子川	新川	御前谷排水路	合計	段子川	新川	御前谷排水路	合計
家庭菜園、飼料作物等 含まない農耕地面積	167.7	42.2	9.3	173.7	82.0	16.6	0.4	99.0
家庭菜園、飼料作物等 含む農耕地面積	-	-	-	-	110.9	25.8	1.5	138.3

1)平成18年度データは現地調査結果より集計。



1) 平成 11 年度は浜松土木専門委員会資料より抜粋.
 2) 平成 15 年度は浜松市業務委託報告書より抜粋.
 3) 平成 18 年度は現地調査結果.

図 2 佐鳴湖上流域における農耕地面積の変遷

33ha で農耕地面積の 4 分の 1 を占めていた (表 3, 表 4).

河川別の農耕地面積は、段子川が 110ha で最も多く、新川はその 4 分の 1 の 25ha であった。御前谷排水路は 1.6ha で農耕地はわずかであった (表 3).

2) 作付品目と栽培様式

平成 15 年度における上流域の作付品目数は 30 あり、

葉菜類や根菜類、茶の面積が多かった²⁾。栽培面積が 10ha 以上の品目はスイカ、ハクサイ、ダイコン、パレイシヨ、茶、温州ミカンであった (表 4)。

平成 17, 18 年度の調査の結果、作付品目数は春夏作、秋冬作ともに 40 前後、年間では 59 であり、多品目栽培が定着していた。栽培面積が 10ha 以上の品目は、春夏作では根菜類 (パレイシヨ:43ha)、茶、温州ミカンで、秋冬作では根菜類 (ダイコン:41ha)、茶、温州ミカンであった (表 4)。

平成 17, 18 年度の調査では、上流部における栽培様式は春夏作で露地栽培 97ha、施設栽培 7ha、秋冬作においては露地栽培 92ha、施設栽培 7ha であり、果菜類、葉菜類、花き類が多かった (表 5)。

(2) 下流域の農耕地面積とその利用

1) 農耕地表示面積とその利用

平成 17, 18 年度の下流域の 4 河川 (東神田川、境川、九領川、掘留川) における農耕地面積は 479ha で、この内、作付面積は家庭菜園等を含めると 356ha、家庭菜園等を除くと 283ha であった。

表 3 佐鳴湖上流域における農耕地利用面積構成 (単位: ha)

	平成15年度				平成18年度							
	段子川	新川	御前谷排水路	合計	段子川		新川		御前谷排水路		合計	
					春夏作	秋冬作	春夏作	秋冬作	春夏作	秋冬作	春夏作	秋冬作
普通作物	7.93	1.76	0.41	10.10	4.19	0.00	1.19	0.00	0.00	0.00	5.38	0.00
野菜 果菜類	9.92	3.66	0.37	13.95	7.81	2.83	1.59	0.26	0.05	0.00	9.45	3.08
葉菜類	25.56	8.38	1.43	35.37	2.78	10.63	0.32	2.63	0.00	0.05	3.11	13.31
根菜類	48.67	11.13	1.58	61.38	38.29	35.62	6.71	5.93	0.00	0.00	45.00	41.54
花き類	5.51	1.53	0.36	7.40	4.38	4.38	0.49	0.17	0.00	0.00	4.87	4.55
永年作物・茶	20.16	6.50	2.23	28.89	7.13	7.13	4.83	4.83	0.00	0.00	11.95	11.95
果樹	14.90	1.35	0.32	16.57	17.42	17.42	1.51	1.51	0.31	0.31	19.24	19.24
小計					82.01	78.01	16.64	15.32	0.36	0.36	99.00	93.69
飼料作物	-	-	-	-	5.04	5.04	0.00	0.00	0.00	0.00	5.04	5.04
植木・林地	-	-	-	-	1.27	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.27	1.27
家庭菜園	-	-	-	-	22.63	22.63	9.19	9.19	1.19	1.19	33.01	33.01
小計	132.65	34.31	6.70	173.66	110.94	106.94	25.83	24.51	1.55	1.55	138.32	133.00
不耕作地・住宅等	-	-	-	-	50.80	50.61	15.55	15.55	3.09	3.09	69.44	69.25
合計	132.65	34.31	6.70	173.66	161.74	157.55	41.38	40.07	4.64	4.64	207.76	202.26

注 1) 平成 15 年度上流域の 3 流域データは浜松市業務委託報告書より抜粋.

注 2) 表中の-は未算出である.

注 3) 平成 18 年度データは現地調査結果より集計.

注 4) 家庭菜園等: 家庭菜園等には家庭果樹, 家庭花木, 市民農園を含む.

注 5) 未耕作地住宅等: 未耕作には荒地, 空き地, 無栽培, 駐車場, 物置, 資材置き場, キノコ栽培を含む.

表4 佐鳴湖上流域における作作品目と面積 (単位 : a)

	平成15年度		平成18年度			
	品目数	品目(面積)	春夏作		秋冬作	
			品目数	品目(面積)	品目数	品目(面積)
普通作物	3	水稲(686) 大豆(301) 雑穀(23)	2	水稲(530) 大豆(8)	0	
野菜・果菜類	6	スイカ(1013) トマト(114) 豆類(107) キュウリ(60) ナス(58) イチゴ(43) ピーマン(20)	7	スイカ(417) メロン(175) トウモロコシ(149) トマト(115) イチゴ(77) ナス(9) キュウリ(3)	3	トマト(218) イチゴ(77) キュウリ(14)
葉菜類	7	ハクサイ(1753) キャベツ(413) ネギ(324) タマネギ(117) ホウレンソウ(87) レタス(24)	4	葉ネギ類(169) チンゲンサイ(100) キャベツ(19) 南米系葉物(22)	10	ハクサイ(760) 葉ネギ類(156) タマネギ(131) ブロッコリー(108) チンゲンサイ(100) コマツナ(35) 南米系葉物(22) キャベツ(13) ホウレンソウ,レタス(5)
根菜類	5	ダイコン(1828) ニンジン(69) バレイショ(3703) カンショ(382) サトイモ(156) その他(799)	7	バレイショ(4267) カンショ(145) ゴボウ(42) ジネンジョ(21) ダイコン(20) レンコン(3) サトイモ(2)	5	ダイコン(4085) ニンジン(38) ジネンジョ(21) サツマイモ(4) バレイショ(6)
花き類		未調査	10	花木(305) エニシダ(32) 花卉苗(32) 観葉植物(26) トルコギキョウ(24) スターチス(17) シンビジウム(22) ナルコユリ(16) 鉢物(12) アロエ(2)	9	花木(305) 花卉苗(32) 観葉植物(26) トルコギキョウ(24) シンビジウム(22) スターチス(17) ナルコユリ(16) 鉢物(12) アロエ(2)
永年作物・茶	1	茶(2889)	1	茶(1195)	1	茶(1195)
果樹	6	温州ミカン(1368) 種苗(118) 梨(80) 夏みかん(77) 桃(12) ブドウ(2)	9	温州ミカン(1121) 梅(265) 栗(225) 柿(148) 雑柑類(61) ギンナン(50) 梨(38) キウイ(12) ブドウ(4)	9	温州ミカン(1121) 梅(265) 栗(225) 柿(148) 雑柑類(61) ギンナン(50) 梨(38) キウイ(12) ブドウ(4)
飼料作物		未調査	1	牧草(461) その他(43)	1	牧草(461) その他(43)
合計	30		41		38	

注1)平成15年度のデータは浜松市調査結果より抜粋。

注2)平成18年度のデータは現地調査結果より集計。

表5 佐鳴湖上流域における作付品目の栽培様式と作付面積（単位：a）

	露地		施設		施設栽培品目
	春夏作	秋冬作	春夏作	秋冬作	
普通作物	538	0	0	0	
野菜・果菜類	633	29	311	280	メロン・ナス・トマト・イチゴ スイカ・キュウリ
野菜・葉菜類	55	1075	256	256	ネギ・チンゲンサイ
野菜・根菜類	4496	4144	4	10	サツマイモ
花き類	337	305	151	151	ナルコユリ・トルコギキョウ スターチス・シンビジウム・アロエ等
永年作物・茶	1195	1195	0	0	
野菜・果樹	1924	1924	0	0	
飼料作物	504	504	0	0	
合計	9682	9175	722	697	

1) 平成18年度現地調査結果より集計。

河川別の農耕地面積は、九領川流域137haで最も多く、東神田川106ha、境川と掘留川流域は100ha以下であった（表6）。なお下流域の過去からの変遷については、報告がなく比較できなかった。

2) 作付品目と栽培様式

九領川流域では葉菜類が最も多く、次いで家庭菜園等で、東神田川流域は茶、根菜類、葉菜類、果樹が多かった。境川流域では水稻、葉菜類、家庭野菜等が多く栽培されていた。掘留川流域は家庭菜園等が多く家庭野菜等は4河川流域合計が73haで多く、いずれの流域でも10ha以上あった（表6）。

作付品目数は81で、葉菜類が33品目で最も多く、次いで花き類15品目、果樹12品目、果菜類11品目であった（表7）。

作付面積が多い（10ha以上）品目は、水稻43ha、次いで茶38ha、ダイコン類29ha、ブロッコリー19ha、チンゲンサイ16ha、タマネギ11ha、ハクサイ10ha、キャベツ類10haの順であった（表7）。

下流域の栽培様式については、作付面積283haのうち、露地栽培が220ha、施設栽培は63haであった。施設栽培は葉菜類が50haで大部分を占めていた（表8）。施設栽培における作付品目は、葉菜類ではチンゲンサイ、ターサイ、セルリー、コマツナ、葉ネギ、サラダナ、ミツバ等17品目で、果菜類や花き類等を加えると38品目が栽培されていた。施設栽培のうち、養液栽培は6品目（18ha）であった。代表的な品目はミツバ、サラダナ、トマト、バラで、葉菜類の施設面積の約3割を占めていた（表8）。

表6 佐鳴湖下流域における農耕地利用面積構成（単位：a）

	東神田川	境川	掘留川	九領川	計
普通作物	525	2920	991	984	5420
野菜・果菜類	50	222	0	970	1242
〃・葉菜類	2102	1031	890	6797	10820
〃・根菜類	2310	499	754	1096	4659
花き類	256	74	0	257	587
永年作物・茶	2798	170	0	820	3788
〃・果樹					
小計					
家庭菜園等	1341	1599	1820	2550	7310
小計	10586	6701	4540	13749	35576
不耕地・荒地	3086	2268	1870	5059	12283
合計	13672	8969	6410	18808	47859

1) 平成17,18年現地調査結果より集計。

(3) 全流域の農耕地面積

平成17,18年現地調査の結果、佐鳴湖上流域・下流域を含めた佐鳴湖全流域において、住宅地図上農耕地と表示されている面積は622haであった。平成17,18年度における上流域の調査で、住宅地図で農耕地表示となっている208haの内、約7割は実際に耕作地として利用されていたが、残りの約3割は不耕作地、住宅地等に変っていた（表3）。不耕作地や住宅地として利用されていた面積は192haで、実際の農耕地面積は494haであった（表9）。また、佐鳴湖全集水域に占める農耕地面積は上流域で3割、下流域で7割であった（表10、図3）。

流域別の農耕地面積は、上流域では段子川（111ha）、下流域では九領川（137ha）と東神田川（106ha）が多かった。

野菜の作付け面積が225haと最も多く、家庭菜園も全体の約2割を占めた。

作付品目数は上流域で59、下流域で81あり、野菜が多かった（表9）。

佐鳴湖全流域の栽培様式は露地栽培が314ha、施設栽培が70haでそのうち、17.5haは養液栽培であった。養液栽培のうち9割が循環式水耕栽培であり、系外に施肥した窒素が排出されない栽培様式であった（表11）。

表7 佐鳴湖下流域における作付品目と面積(単位:a)

	品目数	品目(a)
普通作物	2	水稲(4,276)・大豆(45)
野菜・果菜類	11	トマト類(614)・スイカ(580)・メロン類(230)・エンドウ(80) カボチャ(70)・インゲン(32)・ナス(30)・キュウリ(20)
〃・葉菜類	33	ブロッコリー(1,901)・チンゲンサイ(1,645)・タマネギ(1,078) ハクサイ(1,048)・キャベツ類(1,034)・セルリー(811) ネギ類(729)・サラダナ類(658)・ミツバ(560)・レタス(312) ターサイ(254)・ホウレンソウ類(176)・コマツナ(95) ショウガ(81)・ミズナ(49)・パセリ(45)・モロヘイヤ(20)
〃・根菜類	7	ダイコン類(2,924)・カンショ(963)・バレイショ(601) サトイモ(74)・ニンジン(33)・レンコン(64)
花き類	15	スイートピー(95)・ガーベラ(92)・キク(80)・洋ラン(40) エニシダ(37)・その他
永年作物・茶	1	茶(3,788)
〃・果樹	12	温州ミカン(951)・柿(183)・中晩柑類(133)・梅(132)・梨(121) ギンナン(90)・栗(58)・キウイフルーツ(32)・種苗(30) ビワ(10)・ブドウ(10)
合計	81	

1)平成17,18年現地調査結果より集計.

表8 下流域における作付品目の栽培様式と面積(単位:a)

	作付面積	露地	施設	養液栽培	施設栽培品目	養液栽培
普通作物	5420	5420	0	0		
野菜・果菜類	1242	396	846	190	トマト・メロン・スイカ・エンドウ等	トマト
〃・葉菜類	10820	5820	5000	1631	チンゲイサイ・ターサイ・セルリー・ コマツナ・葉ネギ・ミツバ等	サラダナ ミツバ
〃・根菜類	4659	4639	20	0	ダイコン	なし
花き類	587	189	398	12	キク・カーネーション等	バラ
永年作物・茶	3788	3788	0	0	なし	なし
〃・果樹	1750	1734	16	0	ハウスミカン	なし
合計	28266	21986	6280	1833		

1)平成17,18年現地調査結果より集計.

表9 佐鳴湖全流域における農地面積と作付品目

品目分類	農地面積 ¹⁾ (ha)	割合(%)	経営耕地面積(ha)	割合(%)	品目数 ²⁾	
					上流域	下流域
普通作物	59.58	9.6	59.58	12.1	2	2
野菜	160.72	25.8	224.96	45.5	36	51
花き類	10.74	1.7	10.58	2.1	10	15
永年作物・茶	49.84	8.0	49.84	10.1	1	1
〃・果樹	36.74	5.9	36.74	7.4	9	12
飼料・植木等	6.31	1.0	6.31	1.3	1	-
家庭菜園等	106.11	17.1	106.11	21.5	-	-
不耕作地・住宅等	192.27	30.9	-	-	-	-
合計	622.31	100.0	494.12	100.0	59	81

1)住宅地図上の農地表示面積(ha).

2)通年の品目数.

表 10 佐鳴湖全流域別農地面積及び経営耕地面積
(単位: ha)

流域	流域別農地表示面積	経営耕地面積
上流域	段子川	157.10
	新川	40.64
	御前谷排水路	4.64
	上流域合計	202.38
下流域	東神田川	121.07
	境川	83.54
	堀留川	58.33
	九領川	156.99
	下流域合計	419.93
合計	622.31	494.12

表 12 佐鳴湖上流域における窒素収支の変化
(家庭菜園, 飼料作物, 牧草を除く 単位: kg/年)

	平成15年度資料 ¹⁾			平成18年度調査結果 ²⁾		
	施肥量	吸収量	差引	施肥量	吸収量	差引
段子川	39,843	17,791	23,453	29,163	19,239	10,773
新川	10,861	5,329	5,945	6,553	3,763	2,961
御前谷排水路	2,496	1,529	1,111	71	62	11
合計	53,200	24,649	30,509	35,788	23,065	13,745

1) H15 年度浜松市業務委託報告書より抜粋。
2) H18 年度は、現地調査結果と既存の施肥量、吸収量(植物体全体) データを用いて試算した。
3) 差引の値は施肥量-吸収量がマイナスの品目は便宜上「0」で計算してある。
また、この値は土壌蓄積、脱窒、揮散については考慮していない。

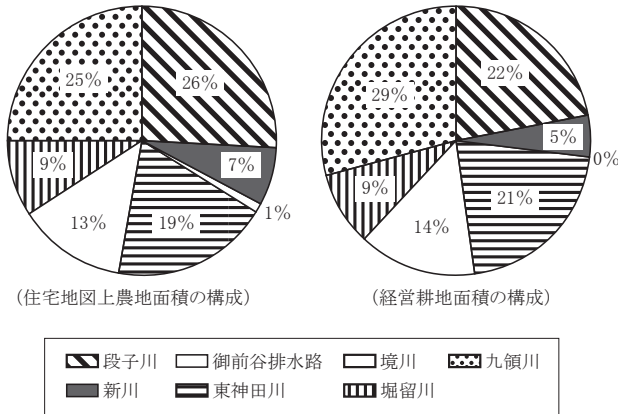


図3 流域別農地面積の構成

表 11 佐鳴湖流域における作付品目の栽培様式
(単位: ha)

栽培様式	上流域	下流域	合計
露地	94.3	219.9	314.2
施設・養液栽培(循環式)	0.0	15.4	15.4
〃・養液栽培(非循環式)	0.1	2.0	2.1
〃・土耕栽培	7.0	45.4	52.4
合計	101.4	282.7	384.1

1) 野菜類のうち露地栽培は通年の平均農地面積として集計した。

2. 集水域の窒素収支と環境負荷

年間窒素施肥量, 作物体吸収量から上流域と下流域に分けて窒素収支を算出した。

佐鳴湖上流 3 河川流域(段子川, 新川, 御前谷排水路)では平成 15 年度²⁾は家庭菜園, 飼料作物, 牧草を除く年間窒素施肥量は 53t, 作物体窒素吸収量は 25t, 差引は 31t であった。平成 18 年度では年間窒素施肥量は 36t, 作物体窒素吸収量は 23t, 差引は 14t であった(表 12)。

平成 18 年度における調査結果では, 家庭菜園等, 飼料作物, 牧草を集計に含めた場合, 佐鳴湖上流域の 3 河川流域の年間窒素施肥量は 44t, 作物体窒素吸収量 29t, 差し引きは 16t であった。なお, この計算では土壌蓄積, 脱窒, 揮散は配慮していない(表 13)。

一方, 下流域の 4 河川域(東神田川, 境川, 九領川, 堀留川)では, 年間窒素施肥量は 109t, 作物体窒素吸収量は 80t, 差引は 35t であった(表 13)。

よって全流域では, 施肥量は 153t, 作物体吸収量 109t, 差引 51t であった。(表 13)。

各河川別の年間窒素施肥量をみると上流域では段子川流域で 35t, 下流域では九領川流域で 57t と東神田川流域で 34t と多く 3 河川流域で全体の 8 割を超していた。差引もこの 3 河川流域ではいずれも 10t を超しており 3 河川で全体の 82% を占めていた。年間窒素施肥量が各河川流域の中で九領川流域が最も多かったが, 作物体窒素吸収量が 45t と多かったために差引は 14t と東神田川流域に次ぐ量であった(表 13)。

佐鳴湖全流域の品目の中で野菜の施肥量が 6 割を占めた。施肥量は茶, ダイコン, サラダナ, バレイショ, セルリー, 温州ミカンが多く(表 14), 差引は茶, ダイコン, 葉ネギ類, バレイショ, セルリー, ブロッコリー, 温州ミカンが多かった(表 15)。

表 13 佐鳴湖全域における窒素収支
(家庭菜園, 飼料作物, 牧草を含む) (単位: kg/年)

流域河川	施肥量	割合(%)	吸収量	割合(%)	差引	割合(%)	
上流域	段子川	35,071	22.9	23,614	21.6	12,530	24.4
	新川	8,598	5.6	5,077	4.6	3,692	7.2
	御前谷排水路	337	0.2	232	0.2	106	0.2
	小計	44,006	29	28,924	26	16,328	32
下流域	東神田川	33,775	22.0	19,134	17.5	15,385	29.9
	境川	12,067	7.9	10,033	9.2	3,705	7.2
	堀留川	6,982	4.6	6,085	5.6	1,965	3.8
	九領川	56,594	36.9	45,042	41.2	14,025	27.3
	小計	109,418	71.3	80,294	73.5	35,080	68.2
合計	153,424	100	109,218	100	51,407	100	

1) 差引の値は施肥量-吸収量がマイナスの品目は便宜上「0」で計算してある。
また、この値は土壌蓄積, 脱窒, 揮散については考慮していない。
2) H18 年度における本データは、現地調査結果と既存の施肥量, 吸収量データを用いて試算した。

表14 佐鳴湖流域における通年の施肥窒素量（家庭菜園，飼料作物，牧草を含む）（単位：kg/年）

	段子川	新川	御前谷排水路	小計	東神田川	境川	堀留川	九領川	小計	合計	施肥量の多い品目
普通作物	335	93	0	429	415	2,330	793	783	4,321	4,750	水稲(4700)・大豆(50)
野菜	19,851	3,503	22	23,376	12,155	4,946	2,111	44,979	64,191	87,567	ダイコン(15771)・サラダナ(10613)・バレイショ(8774) セルリー(7024)・チンゲンサイ(6980)・ブロッコリー(6052) 葉ネギ類(4696)・ハクサイ(3208)・グリーンリーフ(2701) ミツバ(2520)・タマネギ(1035)
花き類	774	82	0	856	719	187	0	531	1,437	2,293	ガーベラ(368)・スイトピー(298)・キク(180)・枝もの花き(158)・鉢物(97)
永年作物・茶	3,848	2,606	0	6,454	15,109	918	0	4,428	20,455	26,909	茶(26909)
永年作物・果樹	3,412	269	50	3,731	2,498	384	184	509	3,575	7,306	温州みかん(4474)・梅(595)・中晩柑類(578)
飼料・植木等	1,884	0	0	1,884	0	0	0	0	0	1,884	
家庭菜園	4,966	2,045	265	7,276	2878	3302	3894	5363	15437	22,713	
合計	35,071	8,598	337	44,006	33,775	12,067	6,982	56,594	109,418	153,424	

1) ()内は各作目別施肥量。

表15 佐鳴湖流域における通年の差引量（家庭菜園，飼料作物，牧草を含む）（単位：kg/年）

	段子川	新川	御前谷排水路	小計	東神田川	境川	堀留川	九領川	小計	合計	差引の多い品目
普通作物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
野菜	7,103	1,233	6	8,342	3,870	1,774	537	8,994	15,176	23,518	ダイコン(6729)・葉ネギ類(4021)・バレイショ(3797) セルリー(2477)・ブロッコリー(1557)
花き類	289	36	0	325	233	54	0	185	472	797	スイトピー(140)・ガーベラ(110)
永年作物・茶	2,423	1,641	0	4,064	9,513	578	0	2,788	12,879	16,943	茶(16943)
永年作物・果樹	958	51	6	1,015	768	110	79	148	1,105	2,119	温州みかん(1405)・中晩柑類(287)・柿(282)
飼料・植木等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
家庭菜園	1,757	731	95	2,583	1,000	1,188	1,349	1,910	5,447	8,030	
合計	12,530	3,692	106	16,328	15,385	3,705	1,965	14,025	35,080	51,407	

1) ()内は各作目別施肥量。

IV 考 察

1. 流域の農耕地面積と窒素収支

佐鳴湖上流域の農耕地実態を調査した結果、段子川流域の農耕地面積が111haと最も多く、新川流域の農耕地面積は26haで段子川流域の約4分の1で全域に占める割合はわずかに5%であり、窒素収支の差引も3.7tで段子川の30%であった。

しかし、浜松市が示した新川の水質調査結果¹⁹⁾によると、全窒素濃度は新川が段子川の2.5倍であることから、佐鳴湖への全窒素負荷が大きいと問題視されてきた。今回の調査結果では、差引窒素量は新川流域より段子川流域の方が大きいことから、農業面からは新川流域より段子川流域のほうが負荷が大きいという結果が出ており、新川の全窒素濃度が高い原因については、農業以外である可能性を含めて再度検討する必要がある。

さらに、今回の調査では、佐鳴湖上流域の農耕地が平成11年当時の約4割に減少し、不耕作地の増大や宅地化が進んでいた。流域全体でも、住宅地図上の農耕地表示面積622haのうち約30%の192haが不耕地や住宅等であった。

経営耕地面積割合は、九領川が29%で最も多く、次いで段子川で22%、東神田川で21%、境川で14%であった。上流域河川より下流域河川が多かった(表10, 図3)。また、住宅地図上の農耕地表示面積の17%を家庭菜園

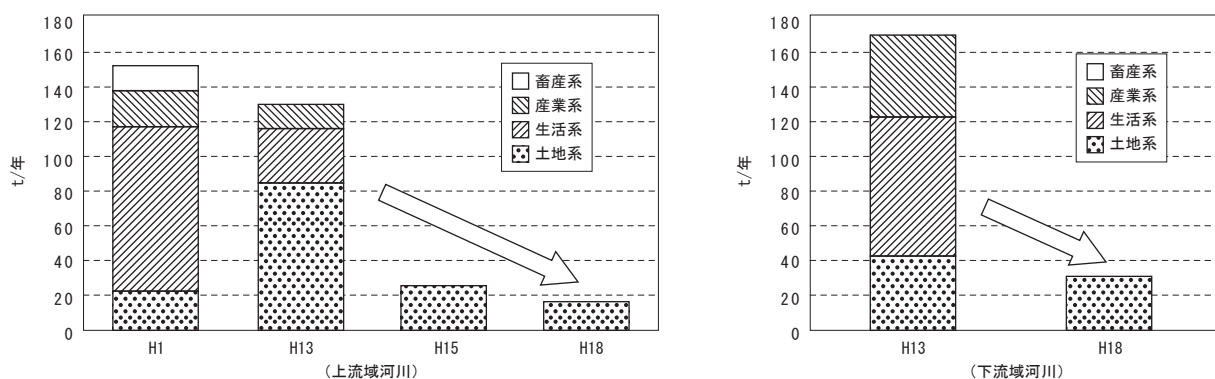
等が占め、農耕地に占める割合も4分の1に達しており、流域での作付品目は野菜類が46%と最も多く、次いで水稲を主にした普通作物が12%、永年作物の茶が10%、果樹類が7%であることが明らかとなった。特に野菜類で品目数が多くなっており、地域の農協が新品目開発に積極的に取り組んでいることが伺えた。窒素負荷量の推移を過去の報告からまとめると、図4のようになる。土地系からの窒素排出量は、上流部、下流部とも13年、15年、18年と順次負荷量は減少していた。この原因は流域で宅地化や荒廃化の進行による農耕地の減少が大きいと考えられるが、近年の施肥効率向上も一因であると推定された。

河川別窒素収支の実態では、施肥量は九領川が全体の3分の1強の37%を占め、次いで段子川が23%、東神田川が22%で、3河川で8割を超えた。吸収量も同様であったが、九領川が41%で最も多かった。この原因は、九領川流域では水耕栽培が多くそのほとんどが循環式であることから、肥料窒素利用率が極めて高いことが影響していると考えられた。差引は、東神田川で30%と最も多く、次いで九領川で27%、段子川24%となり、3河川で8割を越していた(表13)。東神田川が高かったのは、流域で露地栽培が多いこと、循環式の水耕栽培が少ないこと、施肥効率の低い品目が多いことなどが考えられる。

2. 佐鳴湖流域における農業由来環境窒素負荷量の試算

農耕地の窒素収支の算定は一般に、肥料等の施用量、農作物副産物の還元、窒素固定、灌漑水や降雨によるインプットと、作物吸収、脱窒、土壌蓄積によるアウトプットを算定することにより求められる。このインプットの

散について評価しないで施肥量と吸収量から差引を算出すると年間51tであった。静岡県戦略課題研究報告書内では45tと報告されているが、本報告では下流域についてより詳細に検討し算出した。さらに降雨による窒素のインプット、土壌脱窒量等によるアウトプットを考慮すると49t(施肥量+降雨窒素供給量-作物体吸収量-脱



1) H1は環境庁, H13は浜松土木¹⁰⁾, H15は浜松市業務委託報告書のデータ。H18は平成18年度現地調査結果。

図4 佐鳴湖流域における窒素排出量の変遷

窒素からアウトプットの窒素を差し引いた量が、農耕地における余剰窒素量となる。以下、それぞれについて算出し、農業起因の環境窒素負荷量を試算した。

(1) 降雨による窒素供給量の試算

灌漑水による窒素供給の報告は多くあるが⁹⁾、降雨による窒素供給量も考慮する必要がある。雨水の平均的な窒素含有率は0.66mg/リットルとの報告¹³⁾があり、平成18年度の年降水量(1876mm)から佐鳴湖流域の降雨による窒素供給量を試算する⁷⁾と佐鳴湖全域において7.7tと推定され、降雨による窒素供給は施肥量153tの5%に相当していた。

(2) 脱窒量の試算

アウトプットのうち、脱窒量は水田や畑で多くの報告例があるが織田¹⁵⁾はこれらを整理して水田(水稻)等では40KgNha⁻¹とし、その他は10 KgNha⁻¹としている。これらの数値を用いて佐鳴湖流域における脱窒量を計算すると、耕地面積から水田では2.4t、畑地では6.7tで合計9.1tが脱窒される試算となり、脱窒による窒素排出量は施肥量153tの6%に相当していた。

(3) 農業由来の環境窒素負荷量の試算

過去の文献から農業起因の環境窒素負荷量を試算した。

本調査では、標準的な窒素施肥量と過去の調査事例から求めた作物体窒素吸収量を用いて残存窒素量を算出した。佐鳴湖流域の農耕地において、土壌蓄積、脱窒、揮

散量)と見積もることができる。

単位面積あたりの施肥量、吸収量、差引を表10、13を用いて計算した。施肥量は310kgNha⁻¹(施肥量/経営耕地面積)、吸収量は221kgNha⁻¹(吸収量/経営耕地面積)、差引は降雨や脱窒を考慮しないと103kgNha⁻¹(差引量/経営耕地面積)であった(表10、表13)。畑(野菜)の化学肥料施肥量及び堆肥化資材施肥量は301kgNha⁻¹と¹²⁾されており、佐鳴湖流域では畑(野菜)の作付が多いことから、過去における全国の化学肥料施肥量及び堆肥化資材施肥量の報告と比較的近い値を示した。

西尾の方法^{10,11)}を参考にし、仮に佐鳴湖流域における農耕地余剰窒素量を試算すると49t(施肥量+降雨窒素供給量-作物体吸収量-脱窒量)、99kgNha⁻¹となる。この値は窒素固定や土壌蓄積、アンモニアによる揮散等は考慮されていない。西尾¹⁰⁾は、実際の溶脱量を算出するには、土壌中で微生物により有機化される量や脱窒される量と同時に降雨や生物的窒素固定さらには前作までの残渣によってインプットされる量などを考慮する必要があると述べている。今後詳細な窒素収支を求めることが必要となるが、それには多要因が地域毎にあることから非常に多くの時間と労力を要すること⁷⁾が指摘されている。

また、環境負荷指標として上沢²⁶⁾は1年を単位として農耕地に供給される窒素の50%以上を作物に回収させ

ること、土壌浸透水中の窒素濃度が 10mgL^{-1} を超えないために年間窒素溶脱 (kgNha^{-1}) が年間浸透水量の 0.1 以下となること等を提案している。實示戸ら³⁾は全国の年間浸透水量を 1152mm と見積もっていることから全国での年間窒素溶脱量は 115.2kgNha^{-1} を超えないことが要求されている。佐鳴湖流域における農耕地余剰窒素量は 99kgNha^{-1} 、降雨や脱窒を考慮しないと 103kgNha^{-1} で上沢が提案した浸透水中の窒素濃度が 10mgL^{-1} となる 115.2kgNha^{-1} より低い値であった。

以上より、施肥基準を遵守し適正な施肥管理を実施していけば、農業起因の環境窒素負荷量における土壌浸透水中の窒素濃度は 10mgL^{-1} を超えないことが推察された。

(4) 各河川窒素負荷量と施肥窒素排出負荷量

佐鳴湖浄化対策専門委員会資料によれば、佐鳴湖上流河川の全窒素負荷量は 276kgN日^{-1} 、下流河川全窒素負荷量は 645kgN日^{-1} ²²⁾である。これに 365 を乗し、年間佐鳴湖流域河川全窒素負荷量を計算すると、上流河川全窒素負荷量は 100t年^{-1} 、下流河川全窒素負荷量は 235t年^{-1} であった。同様に、各河川の全窒素負荷量を試算すると、段子川 49t年^{-1} 、新川 45t年^{-1} 、御前谷排水路 7t年^{-1} 、東神田川で 72t年^{-1} 、境川 11t年^{-1} 、掘留川 67t年^{-1} 、九領川 33t年^{-1} であった。施肥量から吸収量を差し引いた値が、上記の窒素負荷量に占める割合は、段子川で 26%、新川で 8%、御前谷排水路で 2% に相当し、東神田川で 21%、境川 34%、掘留川 3%、九領川 42% に相当した。そして、施肥量から吸収量を差し引いた値 51t は年間佐鳴湖流域河川全窒素負荷量の 15% に相当した。

しかし、今回の調査ではインプットである窒素固定と灌漑や降雨からの供給量、アウトプットである土壌蓄積と脱窒や揮散を考慮していないため実際の農耕地から流域河川への流入施肥窒素量は 51t より少ないと考えられる。

以上から、過去の施肥窒素成分が地下水に滞留して湖に流れ出る現象を考慮しなければ、現状では農業由来が佐鳴湖水質汚染の主原因ではないと推定された。

3. 佐鳴湖窒素負荷低減への取り組み

今後は、農業系だけでなく生活系や産業系を含めた、佐鳴湖流域における詳細な窒素収支を明確にする必要がある。また、下流域河川水が佐鳴湖に逆流するが全ての河川水が佐鳴湖に逆流入するのではないので、実際に湖に入る負荷量はこれより少なくなることが考えられる。この点から下流域河川からの湖への影響を早急に明確にする必要がある。

さらに、実際の農耕地からの窒素流入量を明確にすることは大変重要である。今回の調査結果を受け、家庭菜園が多く存在したことから周辺住民に対し、施肥基準を遵守して適正な施肥管理を実施していくような啓発活動の実施や、減肥料栽培を実施するエコファーマー制度の推進に力を入れる必要があると考えられる。過去においては休耕地を利用した窒素除去^{23), 25)}や、茶園—水田連鎖系による窒素流出負荷低減効果²⁴⁾、水田による窒素除去の可能性²⁰⁾が報告されており、佐鳴湖流域でも活用を検討していく必要がある。また不耕地の活用方法を地域の美観や活性化の点から検討する必要もあると考えられる。

佐鳴湖集水域では野菜の作付面積が多いが、過去においてジャガイモについては肥効調節型肥料による施肥削減⁸⁾や、ハクサイでは施肥位置を変えることにより施肥量を削減できる事例⁵⁾、春播きダイコンではマルチをすることによって施肥量が削減できる事例⁴⁾が報告されている。また現在、セルリーの施肥削減技術開発や高糖度トマトの環境負荷低減栽培法開発等が行われている。今後、特に農耕地面積が多い段子川、九領川、東神田川流域で野菜類を中心とした肥効率向上技術を導入することは、佐鳴湖流域の施肥窒素負荷低減に向けて重要な課題であると考えられる。

V 摘 要

1. 佐鳴湖上流域の農耕地面積は平成 11 年当時の 248ha から平成 18 年は 138ha と 4 割減少していた。下流域における農耕地面積は平成 18 年で 283ha であった。
2. 佐鳴湖全流域における農耕地表示面積は 622ha で、このうち野菜類の面積が多い一方、不耕作地、住宅地が 192ha を占めた。
3. 経営耕地面積は段子川、九領川、東神田川で多く、実際の農耕地面積は 494ha であった。栽培品目数は上流域で 59、下流域で 81 であり、根菜類、葉菜類、茶、果樹の作付けが多かった。
4. 佐鳴湖全流域における農耕地への窒素施肥量は 153t 、作物体による吸収量は 109t であり、施肥量から吸収量を引いた窒素量は 51t と推定され、段子川、九領川、東神田川で特に多かった。
5. 施肥基準を遵守し適正な施肥管理を実施していけば、農業起因の環境窒素負荷量における土壌浸透水中の窒素濃度が 10mgL^{-1} を超えないことが推察された。
6. 農耕地を含めた土地系における窒素排出量は平成 13

年から減少傾向を示した。

引用文献

- 1) 浜松市 (2003) : 閉鎖性水域保全対策事業報告書
- 2) 浜松市 (2003) : 平成 15 年浜松市業務委託報告書
- 3) 寶示戸雅之・池戸厚男・神山和則・島田和宏・萩野
 曉史・三島信一郎・賀来康一 (2003): わが国農耕
 地における窒素負荷の都道府県別評価と改善のシ
 ナリオ, 土肥誌, 74, 467 ~ 474
- 4) 岩本英伸・石田豊明 (2004): 栽培時期の異なるダイ
 コンにおける施肥量削減とマルチの効果 九農研
 第 66 号 266
- 5) 河野隆・緑川覚二・酒井一・小川吉雄 (1996) : 低
 投入施肥管理のためハクサイの施肥法 茨城県農
 業総合センター 農業研究所研究報告 3 39 ~ 46
- 6) 株式会社ゼンリン / 浜松営業所 (2003) : ゼンリン
 住宅地図 (浜松市西部, 北部, 南部)
- 7) 松本成夫 (2000) : 地域における窒素フローの推定方
 法の確立とこれによる環境負荷の評価 農業環境
 技術研究所報告 18 81 ~ 152
- 8) 永田茂穂, 別府誠二 (2003) : 早掘りジャガイモの
 肥効調節型肥料による全量基肥栽培 鹿児島農業
 試験場 能毛支場 園芸研究室 成果情報
- 9) 日本農業研究所 (2000) : 平成 11 年度農業環境収
 支適正化確立事業関係資料集
- 10) 西尾道徳 (2001) : 農業生産環境調査にみるわが国
 の窒素施用実態の解析, 土肥誌 72(4) 513 ~ 521
- 11) 西尾道徳 (2001) : 作物種類別の施肥窒素負荷量に
 基づく地下水の硝酸性窒素汚染リスクの評価法, 土
 肥誌, 72(4), 522 ~ 528
- 12) 農業研究センター (2001) : 畑土壌肥沃度のマクロイ
 ンディケータの策定表 1 より算出 完了成績
- 13) 農林水産バイオリサイクル研究システム化サブチ
 ム (2006) : バイオマス利活用システムの設計と評
 価
- 14) 農山漁村文化協会 (2006) : 農業技術体系—土壌施
 肥編— 第 2 巻, 加除式
- 15) 織田健次郎 農林水産バイオリサイクル研究システ
 ム化サブチーム (2006) : バイオマス利活用システ
 ムの設計と評価 232
- 16) 尾和尚人 (1996) : 養分の効率的利用技術の新たな
 動向 わが国の農作物の養分吸収
- 17) 清流ルネッサンスⅡ佐鳴湖地域協議会 (2004) : 二
 級河川都田川水系新川 (佐鳴湖) 水環境改善緊急
 行動計画 4
- 18) 静岡県浜松土木事務所 (2003) : 平成 15 年浜松土木
 事務所第 2 回専門委員会資料
- 19) 静岡県浜松土木事務所 (2004) : 第 7 回佐鳴湖浄化
 対策専門委員会資料参考 1 ~ 3
- 20) 新良力也・渥美和彦・宮地直道 (2005) : 静岡県牧
 之原大地の茶園地帯における硝酸性窒素の流出量
 と水田による除去可能性, 土肥誌 76, 901 ~ 904
- 21) 静岡県農業水産部研究調整室 (2006) : 静岡県土壌
 肥料ハンドブック平成 17 年改訂版, 作物別施肥基
 準
- 22) 静岡県浜松土木事務所 (2008) : 第 9 回佐鳴湖浄化対
 策専門委員会資料参考 23 中間報告データによる
 暫定値
- 23) 田淵俊雄・志村もと子・尾野充彦 (1996) : 休耕田
 における窒素除去試験の結果と実用性の検討, 農
 土誌, 64, 345 ~ 350
- 24) 戸田任重・望月康秀・川西琢也 (1997) : 静岡県牧
 之原における茶園—水田連鎖系による窒素流出負
 荷低減効果の推定, 土肥誌 68, 369 ~ 375
- 25) 田淵俊雄・黒田久雄・志村もと子 (2001) : 休耕田
 を活用した長期窒素除去試験, 土壌の物理性, 87,
 27 ~ 36
- 26) Woli K.P., Nagumo T., Hatano R. (2002) : Evaluating
 impact of land use and N budgets on stream
 water quality in Hokkaido, Japan., Nutrient
 Cycling in Agroecosystems, 63, 175 ~ 184
- 27) 全農肥料農薬部 (2004) : 施肥診断技術者ハンドブ
 ック