

硝酸性窒素による 地下水汚染対策事例集

平成16年7月

環境省環境管理局水環境部

はじめに

近年、硝酸性窒素による地下水汚染が全国的に問題となっています。全国の地下水の水質測定結果において、硝酸性窒素による環境基準の超過率は、他の項目に比較して著しく高くなっており、また、環境基準の超過にまでは至らなくても、水質測定を行った大半の井戸で硝酸性窒素が検出される状況にあります。

環境省では、平成 11 年 2 月に硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素を地下水の水質汚濁に係る環境基準項目に追加しました。続いて、平成 13 年 7 月には水質汚濁防止法施行令を改正し、硝酸化合物等を有害物質に追加して排水規制、地下浸透規制等の対象にすると同時に、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染対策マニュアル」、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による土壌管理指針」を策定しました。

硝酸性窒素による地下水汚染は、汚染原因が多岐に渡ることから、有効な対策を講じるためには、関係行政機関や関係団体、及び住民の理解と協力が欠かせません。しかし、硝酸性窒素による地下水汚染が顕在化している地域においても、汚染原因の究明や負荷低減計画の策定に対する取組はまだ十分とはいえない状況にあります。

本書は、環境省が平成 11 年度から 14 年度に自治体への委託調査により実施した事業の成果を取りまとめたものであり、調査を受託した自治体による取組の事例を紹介しています。すでに硝酸性窒素による地下水汚染が顕在化している地域において対策を実施する場合にはもちろんのこと、今後、硝酸性窒素による地下水汚染が生じるおそれのある地域においても、上記のマニュアルや指針とともに本書を参考としてご活用いただければ幸いです。本書が、硝酸性窒素による地下水汚染対策に取り組むすべての人に活用されるよう期待してやみません。

最後に、本書の取りまとめにあたり御指導をいただきました学識者の方々をはじめ関係者の皆様に心からお礼申し上げます。

【目 次】

1 . 硝酸性窒素による地下水汚染の現状	1
2 . 硝酸性窒素総合対策推進事業の概要	4
3 . 硝酸性窒素による地下水汚染への取組状況	6
4 . 自治体における対策事例	13
4 . 1 青森県	13
4 . 2 静岡県	47
4 . 3 長崎県	81
4 . 4 熊本県	107
4 . 5 都城市	141
5 . 硝酸性窒素による汚染地下水の浄化技術	209
5 . 1 透過性地下水浄化バリア（岐阜県）	209
5 . 2 電気透析と生物脱窒装置による硝酸性窒素除去システム（福岡県）	235
6 . その他の対策事例	249
6 . 1 宮古島	249
6 . 2 農業面源対策	256
6 . 3 家庭用浄水器	270
参考図書	
1 . 本書で参考とした図書	275
2 . その他参考図書	279
3 . 主な参考図書の問合せ先	286

1. 硝酸性窒素による地下水汚染の現状

(1) 硝酸性窒素に係る環境基準設定の背景

地下水の水質汚濁に係る環境基準は、平成9年にカドミウムや鉛などの重金属類、トリクロロエチレンやテトラクロロエチレンなどの揮発性有機化合物等23項目について設定された。

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素（以下、硝酸性窒素と記す。）は、水質汚濁による健康被害の未然防止をより体系的・計画的に進めるため、平成5年に設定された要監視項目（人の健康の保護に関連する物質ではあるが、公共用水域等における検出状況等からみて、現時点ではただちに環境基準項目とせず、引き続き知見の収集に努めるべき物質）25項目のうちの1つとされていた。

要監視項目については、水質測定結果を評価するための指針値がそれぞれ設定される。硝酸性窒素に関しては、過剰な摂取により、乳児におけるメトヘモグロビン血症の原因となることから、硝酸性窒素濃度とメトヘモグロビン血症に関する調査結果をもとに、水道水質基準も勘案し、その指針値を硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の合計で10mg/Lとした。

その後の水質測定の結果、硝酸性窒素は、公共用水域等、とくに地下水において比較的広くかつ高い濃度で検出されたことから、環境基準項目の見直しが行われ、平成11年に、硝酸性窒素がぼう素及びふっ素とともに、地下水の水質の汚濁に係る環境基準項目として新たに追加された。

(2) 硝酸性窒素の検出状況等

環境省は、都道府県等が水質汚濁防止法に基づき実施した地下水の水質測定結果を毎年取りまとめ公表している。

平成14年の測定結果によると、硝酸性窒素は、調査対象の井戸4,207本のうち247本（5.9%）において環境基準（10mg/L）を超過していた（表1-1）。硝酸性窒素による環境基準の超過率は、ここ数年、5～6%台にあり、他の項目に比較して著しく高くなっている（表1-2）。

調査対象の4,207本における濃度を2mg/L刻みでみると、半数以上は2mg/L以下ではあるものの、8mg/Lを超え10mg/L以下の検体数が10mg/Lを超える検体数と同程度あるなど、今後とも、環境基準の超過率は高く推移するおそれがある（表1-3）。

また、10mg/Lを超えた検体の濃度を10mg/L刻みでみると、大半は10～20mg/Lの範囲にあるものの、一部では30mg/Lを超えるものもみられる（表1-4）。水質測定の結果、環境基準の超過が判明した場合には、井戸の所有者に対し、井戸水を飲用しないよう指導がなされるとともに、汚染原因や汚染範囲の把握のため、周辺井戸についても調査が行われる。

表 1-1 平成 14 年度地下水質測定結果（概況調査）

項目	調査数 (本)	検出数 (本)	検出率 (%)	超過数 (本)	超過率 (%)
カドミウム	3,242	8	0.2	0	0
全シアン	2,639	0	0	0	0
鉛	3,484	124	3.6	8	0.2
六価クロム	3,308	0	0	0	0
砒素	3,520	321	9.1	53	1.5
総水銀	3,253	0	0	0	0
アルキル水銀	1,020	0	0	0	0
P C B	1,738	0	0	0	0
ジクロロメタン	3,635	6	0.2	1	0.0
四塩化炭素	3,814	69	1.8	3	0.1
1,2-ジクロロエタン	3,360	8	0.2	2	0.1
1,1-ジクロロエチレン	3,771	19	0.5	1	0.0
シス-1,2-ジクロロエチレン	3,842	38	1.0	8	0.2
1,1,1-トリクロロエタン	4,270	95	2.2	0	0
1,1,2-トリクロロエタン	3,359	3	0.1	0	0
トリクロロエチレン	4,414	125	2.8	10	0.2
テトラクロロエチレン	4,414	199	4.5	7	0.2
1,3-ジクロロプロペン	3,085	2	0.1	0	0
チウラム	2,494	0	0	0	0
シマジン	2,547	1	0	0	0
チオベルカンプ	2,487	0	0	0	0
ベンゼン	3,563	5	0.1	1	0
セレン	2,650	18	0.7	0	0
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	4,207	3,665	87.1	247	5.9
ふっ素	4,117	1,479	35.9	16	0.4
ほう素	3,989	1,210	30.3	5	0.1
全体（井戸実数）	5,269	4,365	82.8	351	6.7

表 1-2 硝酸性窒素の環境基準超過率の推移

年度 (平成)	調査数 (本)	超過数 (本)	超過率 (%)
6	1,685	47	2.8
7	1,945	98	5.0
8	1,981	94	4.9
9	2,654	173	6.5
10	3,897	244	6.3
11	3,374	173	5.1
12	4,167	253	6.1
13	4,017	231	5.8
14	4,207	247	5.9

硝酸性窒素は平成 5 年に要監視項目として設定され、平成 11 年に環境基準項目に移行した。平成 6 年度から 10 年度までの超過数は、現在の環境基準を超過した井戸数である。

表 1-3 硝酸性窒素の濃度分布 (全井戸)

濃度 (mg/L)	2 mg/L 以下 (本)	2 mg/L 超 4 mg/L 以下 (本)	4 mg/L 超 6 mg/L 以下 (本)	6 mg/L 超 8 mg/L 以下 (本)	8 mg/L 超 10mg/L 以下 (本)	10mg/L 超 (本)
平成 11 年度	1,862	634	305	226	174	173
平成 12 年度	2,211	773	428	274	228	253
平成 13 年度	2,165	708	433	264	216	231
平成 14 年度	2,264	776	440	270	210	247

表 1-4 硝酸性窒素の濃度分布 (超過井戸)

濃度 (mg/L)	10mg/L 超 20mg/L 以下 (本)	20mg/L 超 30mg/L 以下 (本)	30mg/L 超 40mg/L 以下 (本)	40mg/L 超 50mg/L 以下 (本)	50mg/L 超 (本)
平成 11 年度	140	26	4	3	0 (最高は 44mg/L)
平成 12 年度	193	42	10	2	6 (最高は 77mg/L)
平成 13 年度	177	39	11	3	1 (最高は 58mg/L)
平成 14 年度	204	36	7	0	0 (最高は 38mg/L)

2. 硝酸性窒素総合対策推進事業の概要

(1) 目的

硝酸性窒素は農地施肥、畜産廃棄物や生活排水などに含まれるため、発生源は多種多様であり、地域の自然的・社会的特性、汚染実態、発生源等の状況に応じた対策を講じる必要がある。

環境省では、このような対策を効率的かつ効果的に実施できるよう、自治体に対する技術的支援を行い、硝酸性窒素等の汚染対策の推進を図るため、専門家からなる検討会を設置し、その助言のもと、硝酸性窒素等による地下水汚染が見られるモデル地域において窒素負荷低減計画の策定、及び効果的な浄化システムの開発調査を平成 11 年度より実施した。

(2) 調査内容

1) 窒素負荷低減総合対策計画の策定に向けた調査

家畜排せつ物の不適切な処理や、生活排水対策の未整備、過剰な施肥等により、硝酸性窒素の地下水汚染がみられる 5 地域（青森県、静岡県、長崎県、熊本県、宮崎県都城市）をモデルに、窒素負荷量実態調査等を実施し、自治体関係部局、農協、農家などで構成される連絡調整会議で窒素負荷低減計画策定のための検討を行った。モデル地域の選定にあたっては、窒素負荷量の多い地域、水道水源を地下水に依存する割合が高い地域等を対象とした。主な調査、対策内容としては以下のとおりである。

汚染範囲把握調査

現況把握調査

水文地質状況、土地利用状況、施肥状況、作付け状況、窒素負荷量、土壌分析、窒素収支

汚染原因究明調査

窒素安定同位体比調査、地下水流動の解析、負荷発生源の立地分布

対策の検討

連絡調整会議の設置、窒素負荷低減総合対策計画の策定、普及啓発活動（パンフレット作成）

2) 効率的な浄化システムの開発調査

本調査では、硝酸性窒素による地下水汚染を効率的、経済的に浄化する手法を調査するため、2 地域（岐阜県、福岡県）において、実証試験を実施した。

硝酸性窒素による地下水汚染の特徴は汚染源が面源であることから、岐阜県では畑地内に浄化システムを設置し、原位置浄化による窒素除去の実証試験を行った。また福岡県では、揚水した地下水を電気透析装置により硝酸性窒素を濃縮し、脱窒処理する浄化技術の実証試験を行った。

(3) 硝酸性窒素総合対策検討会

モデル地域における硝酸性窒素総合対策推進事業の実施に伴い、専門家を含む検討会を設置した。検討会では、モデル地域における窒素負荷低減計画策定に必要な調査事項や、汚染原因の究明に関する調査方法について助言を行うとともに、浄化技術の選定や、効果的な浄化手法についても検討を行った。

平成 11 年度から 14 年度までは表 2-1 の検討会委員の指導、助言のもと、モデル地域において負荷低減対策を実施し、平成 15 年度は、表 2-2 の検討会委員により過去 4 年間に本事業で実施してきた各モデル地区での自治体の取組を事例集として取りまとめた。

表 2-1 硝酸性窒素総合対策検討会委員（平成 11～14 年度）

井伊 博行	和歌山大学システム工学部環境システム学科 教授
金城 廣尚	社団法人日本水道協会工務部水質課 水質専門員
国安 克彦	財団法人日本環境整備教育センター調査研究部 部長
田瀬 則雄	筑波大学地球科学系 教授
寺尾 宏	岐阜県保健環境研究所環境科学部 主任専門研究員
西川 雅高	国立環境研究所化学環境研究領域計測技術研究室 主任研究員
平田 健正	和歌山大学システム工学部環境システム学科 教授
増島 博	東京農業大学 客員教授
松尾 宏	福岡県保健環境研究所環境科学部水質課 専門研究員
柳 憲一郎	明海大学不動産学部 教授

: 座長

表 2-2 硝酸性窒素総合対策検討会委員（平成 15 年度）

長田 隆	独立行政法人農業技術研究機構畜産草地研究所畜産環境部資源化研究室
佐野 算彦	社団法人日本水道協会工務部水質課 専門監
寺尾 宏	岐阜県保健環境研究所環境科学部 主任専門研究員
平田 健正	和歌山大学システム工学部環境システム学科 教授
増島 博	東京農業大学 客員教授
松尾 宏	福岡県保健環境研究所環境科学部水質課 専門研究員

: 座長

3. 硝酸性窒素による地下水汚染への取組状況

平成 14 年度末までに地下水汚染が判明した事例として、都道府県及び水質汚濁防止法政令市が把握している事例を環境省が集計した「平成 14 年度地下水汚染事例に関する調査」によると、平成 14 年度末時点で硝酸性窒素の環境基準を超過している事例は 1,021 件ある。

このうち、汚染原因が特定（推定）された事例は 382 件あり、うち 158 件において窒素負荷低減等の対策が実施（100 件は検討中）されている。なお、158 件の対策内容の内訳は、表 3-1 のとおり、100 件は対策を検討中であり、47 件は施肥量の適正化となっている。

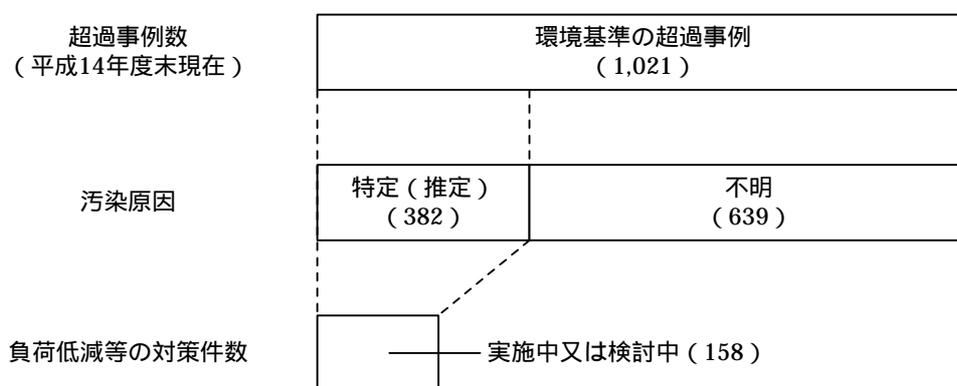


図 3-1 硝酸性窒素による地下水汚染事例の内訳

表 3-1 負荷低減等対策の内容

負荷低減等対策の内容	件数
施肥量の適正化	47
生活排水の適正処理	7
家畜排せつ物の適正処理	26
その他の対策	4
負荷低減等対策検討中	100

複数回答のため合計は 158 件に一致しない。

また、各自治体の硝酸性窒素による地下水汚染への取組状況等をさらに詳細に把握することを目的に、都道府県および水質汚濁防止法政令市（合計 145 自治体）を対象にアンケート調査を実施した（平成 15 年 12 月）。以下にアンケート調査結果の概要を記す。

（１） 現状認識について

硝酸性窒素による地下水汚染に関する現状認識を尋ねたところ、回答は表 3-2 のとおりであった。環境基準を超過する地点が多く、対策を講じる必要があると認識している自治体は 28 自治体であった。また、環境基準を超過する地点は一部であるが、未然防止のため対策を講じる必要があると認識している自治体は 36 自治体であった。

環境基準を超過する地点がほとんどなく、問題があるとは認識していない自治体は 39 自治体であった。

表 3-2 硝酸性窒素による地下水汚染に関する現状認識

回答	都道府県	政令市	計
環境基準を超過する地点が多く、対策を講じる必要がある	20	8	28
環境基準を超過する地点が多いが、対策を講じる必要はない	1	0	1
環境基準を超過する地点は一部であり、対策を講じる必要はない	7	28	35
環境基準を超過する地点は一部あるが、未然防止のため対策を講じる必要がある	14	22	36
環境基準を超過する地点がほとんどなく、問題があるとは認識していない	4	35	39
その他	1	5	6
計	47	98	145

（２） 調査の実施について

１） 汚染状況の把握

（１）で を回答した 39 自治体を除く 106 自治体に対し、これまでの地下水質の測定結果（水質汚濁防止法に基づく測定計画以外の調査によって判明した汚染も含む）から、環境基準を超過している地域をどの程度把握しているか尋ねたところ、回答は表 3-3 のとおりであった。概ねまたは一部の地域については把握していた自治体は 95 自治体であり、わからないと回答した自治体は 10 自治体であった。

表 3-3 環境基準を超過している地域の把握状況

回答	都道府県	政令市	計
概ね把握している	25	26	51
一部の地域については把握している	18	26	44
わからない	0	10	10
未記入	0	1	1
計	43	63	106

2) 汚染地域の把握状況

1) で、概ねまたは一部の地域について汚染状況を把握していると回答した 95 自治体に対し、対策を講じるとすれば、地域一体としての対策が必要な地下水汚染がみられる地域はどの程度あるか尋ねたところ、各自治体の地域数は表 3-4 のとおりであり、合計で 62 自治体（180 地域）であった。

なお、地域一体としての対策が必要かどうかの判断は、各地域の実情、自治体の問題意識等によって異なり、1 地域あたりの汚染範囲も異なる。したがって、ここでの地域数の多寡が、必ずしも各自治体の地下水汚染の状況を反映しているわけではない。ただし、都道府県と政令市では、一般に汚染範囲の大きさや地下水汚染に対する事業規模などが異なることから、これらを分けて集計することとした。

3) 汚染原因究明調査の実施状況

表 3-4 の 62 自治体（180 地域）に対して、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る地下水汚染マニュアル」（平成 11 年 3 月 31 日環水企第 128 号）の「4 . 汚染原因究明手法」（水質解析法、窒素安定同位体比法、窒素原単位法、数値シミュレーション法）を活用して、汚染原因究明調査を実施した地域の有無について尋ねたところ、回答は表 3-5 のとおりであった。汚染原因究明調査を実施した地域は、19 自治体（68 地域）、今後実施する予定がある地域は、3 自治体（11 地域）であった。

表 3-4 対策を講じるとすれば地域一体としての対策が必要な地下水汚染地域数

都道府県	地域数								
北海道	26	埼玉県	3	岐阜県	1	鳥取県	1	佐賀県	2
青森県	1	千葉県	10	静岡県	2	島根県	0	長崎県	2
岩手県	1	東京都	0	愛知県	1	岡山県	0	熊本県	10
宮城県	0	神奈川県	3	三重県	1	広島県	0	大分県	4
秋田県	1	新潟県	0	滋賀県	0	山口県	0	宮崎県	1
山形県	2	富山県	0	京都府	0	徳島県	3	鹿児島県	3
福島県	5	石川県	1	大阪府	0	香川県	4	沖縄県	2
茨城県	10	福井県	1	兵庫県	3	愛媛県	2		
栃木県	1	山梨県	0	奈良県	0	高知県	2		
群馬県	1	長野県	1	和歌山県	0	福岡県	2	計	113

政令市	地域数	政令市	地域数	政令市	地域数	政令市	地域数	政令市	地域数
札幌市	0	千葉市	1	福井市	0	堺市	0	倉敷市	0
函館市	1	市川市	6	甲府市	0	豊中市	0	広島市	0
旭川市	0	船橋市	0	金沢市	0	吹田市	0	呉市	0
八戸市	6	松戸市	1	長野市	0	高槻市	0	福山市	3
盛岡市	0	柏市	0	松本市	1	枚方市	0	下関市	0
仙台市	3	市原市	0	岐阜市	0	茨木市	0	徳島市	0
秋田市	1	八王子市	0	静岡市	1	八尾市	0	高松市	0
山形市	0	町田市	0	浜松市	1	寝屋川市	0	松山市	1
福島市	0	横浜市	0	沼津市	0	東大阪市	0	高知市	1
郡山市	0	川崎市	0	富士市	0	岸和田市	3	北九州市	2
いわき市	0	横須賀市	3	名古屋市	0	神戸市	0	福岡市	0
水戸市	1	藤沢市	0	豊橋市	1	姫路市	0	久留米市	0
宇都宮市	2	小田原市	0	豊田市	0	尼崎市	0	長崎市	0
前橋市	0	相模原市	3	春日井市	0	明石市	0	佐世保市	0
高崎市	0	大和市	0	一宮市	0	西宮市	0	熊本市	2
川越市	5	平塚市	6	岡崎市	0	加古川市	0	大分市	0
川口市	0	厚木市	0	四日市市	1	宝塚市	0	宮崎市	0
さいたま市	5	茅ヶ崎市	0	大津市	1	奈良市	0	鹿児島市	0
所沢市	1	新潟市	1	京都市	0	和歌山市	3		
越谷市	0	富山市	0	大阪市	0	岡山市	0	計	67

備考) 都道府県および水質汚濁防止法政令市(合計 145 自治体)を対象としている。

表 3-5 汚染原因究明調査の実施状況

回答	都道府県	政令市	計
汚染原因調査を実施した	16 (59)	3 (9)	19 (68)
今後、実施する予定	2 (10)	1 (1)	3 (11)
汚染原因調査を実施していない	15	25	40
未記入	0	0	0
計	33	29	62

(3) 連絡組織（連絡会議、調整会議等）の設置状況について

表 3-4 の 62 自治体（180 地域）における、硝酸性窒素による地下水汚染対策に関する連絡組織等の設置状況は表 3-6 のとおりであった。既存の連絡組織等を活用している場合も含めると 16 自治体（21 地域）で連絡組織が設置されている。内訳は静岡県の 3 地域、北海道、山形県、熊本県の 2 地域などとなっている。

連絡組織の構成員は、環境部局・農林部局・衛生部局などを中心に、農協、学識経験者などで構成され、農業生産者などが参加しているものも一部にみられる。1 地域の関係市町村が 16 市町村に及ぶ広域的な連絡組織もある。

また、数年程度のうちに連絡組織等の設置を検討している地域は、今後の調査結果によっては設置を検討する地域も含めると、9 自治体（11 地域）となっている。

表 3-6 連絡組織の設置状況

回答	都道府県	政令市	計
設置している地域がある	13 (18)	1 (1)	14 (19)
新たに設置せず、既存の連絡組織等（湖沼の富栄養化対策等に関する組織も含む）を活用している	1 (1)	1 (1)	2 (2)
既存の連絡組織等はあるが、特に活用はしていない	0	1	1
設置している地域はない	19	26	45
計	33	29	62

(4) 窒素負荷低減対策について

1) 施肥対策

表 3-4 の 62 自治体（180 地域）に対して、施肥による窒素負荷の低減に資する事業の実施状況を尋ねたところ、回答は表 3-7 のとおりであった。23 自治体（41 地域）で施肥による窒素負荷の低減に資する事業が実施されている。事業内容としては、化学肥料の使用量を低減する農業生産方式を導入する農業者(エコファーマー)の育成、肥効調節型肥料による効率的施肥法の試験、養液土耕栽培システムの導入など、環境保全型農業の推進やほ場レベルでの窒素収支調査に関する回答が多くみられた。

表 3-7 施肥による窒素負荷の低減に資する事業の実施状況

回答	都道府県	政令市	計
施肥対策が実施されている地域がある	15 (32)	8 (9)	23 (41)
施肥対策が実施されている地域はない	15	20	35
その他	3	1	4
計	33	29	62

2) 家畜排せつ物対策

表 3-4 の 62 自治体（180 地域）のうち、16 自治体（36 地域）で家畜排せつ物による窒素負荷の低減に資する事業が実施されている。具体的には、家畜排せつ物処理

施設整備事業、畜産施設整備事業、堆肥化施設整備事業など、処理施設や堆肥化施設の整備が多く見られた。

表 3-8 家畜排せつ物による窒素負荷の低減に資する事業の実施状況

回答	都道府県	政令市	計
家畜排せつ物対策が実施されている地域がある	12 (28)	4 (8)	16 (36)
家畜排せつ物対策が実施されていない地域はない	19	22	41
その他	2	3	5
計	33	29	62

3) 生活排水対策

表 3-4 の 62 自治体 (180 地域) のうち、37 自治体 (75 地域) で生活排水による窒素負荷の低減に資する事業が実施されている。具体的には、下水道、農業集落排水整備、浄化槽整備に関する事業が多く見られた。

表 3-9 生活排水による窒素負荷の低減に資する事業の実施状況

回答	都道府県	政令市	計
生活排水対策が実施されている地域がある	18 (37)	19 (38)	37 (75)
生活排水対策が実施されていない地域はない	13	6	19
その他	2	4	6
計	33	29	62

4) 住民等への啓発活動

表 3-4 の 62 自治体 (180 地域) のうち、硝酸性窒素による地下水汚染について、住民等への啓発活動を実施したことのある自治体は 15 自治体であり、実施したことがないと回答した自治体は 45 自治体であった。実施内容としては、下のよう、農家へのチラシの配布や井戸水の飲用に注意を促すチラシの配布が多く見られた。

- ・ 市内全域の農家各戸へ文書を配布し、過剰施肥に対する注意と家畜排せつ物の適切な処理を促した。
- ・ 県及び市町村の環境及び農林部局職員(研究所及び農業改良普及センター等を含む) 農協職員を対象に、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の現状とその取組について報告会を実施した。
- ・ J A の部会等に出向き、硝酸性窒素に関する説明会を開いた。
- ・ 未規制 (小規模) 事業場への立入指導を行った。
- ・ 町および区長と協議の上、町が汚染地区内全戸にチラシを配布して、飲用の自粛と、地下水の調査結果を周知した。

表 3-10 住民等への普及・啓発活動の実施状況

回答	都道府県	政令市	計
実施したことがある	10	5	15
実施したことはない	23	22	45
未記入	0	2	2
計	33	29	62

(5) 窒素負荷削減計画について

表 3-4 の 62 自治体（180 地域）のうち、2 地域（青森県、熊本県）で連絡組織等での検討結果を踏まえ、窒素負荷削減対策の基本方針、目標、対策の具体的な内容などを定めた窒素負荷削減計画を策定している。

また、これ以外の 14 地域でも、今後窒素負荷削減計画を策定する予定がある。

表 3-11 窒素負荷削減計画の策定状況

回答	都道府県	政令市	計
窒素負荷削減計画を実施した地域がある	2 (2)	0 (0)	2 (2)
今後、策定する予定	9 (12)	1 (2)	10 (14)
窒素負荷削減計画を実施した地域はない	22 (99)	28 (65)	50 (164)
計	33 (113)	29 (67)	62 (180)

(6) 対策を講じない理由について

表 3-4 の 62 自治体（180 地域）のうち、窒素負荷低減対策の実施や窒素負荷削減計画の策定を行っていない地域についてその理由を尋ねたところ、地下水の飲用がないため、飲用指導を主な対策としているため、との回答が大部分を占めた。

以上の結果から、以下のような課題が浮き彫りになった。

対策を講じるとすれば、地域一体としての対策が必要な地下水汚染がみられる 180 地域のうち、汚染原因究明調査を実施した地域は半数以下の 68 地域(38%)にとどまること。

180 地域のうち、連絡組織を設置している地域は 21 地域(12%)にとどまること。

180 地域のうち、窒素負荷削減計画を策定している地域がわずか 2 地域(1%)にとどまること。

汚染原因究明調査を行ったものの、連絡組織の設置や負荷低減対策の実施にまで至っている地域は少ないこと。

62 自治体(180 地域)のうち、硝酸性窒素による地下水汚染について、住民等への啓発活動を実施したことのない自治体が 8 割に上ること。

地下水の飲用がない場合、又は、汚染があっても飲用指導を行った場合、その後の調査や対策にまで至る地域が少ないこと。

4. 自治体における対策事例

4.1 青森県

(1) 調査地域の概要

1) 調査地域及びその選定理由

青森県内の地下水常時監視調査において、硝酸性窒素の水質環境基準を超過する井戸は県南地方に多く分布し、五戸町においても高濃度の硝酸性窒素が検出された。

五戸町の硝酸性窒素が検出された地区のうち、一部地区では上水道が敷設されておらず、飲用に井戸水を利用していることから、当該地区及び当該地区と土地利用状況が類似している近郊の地区を硝酸性窒素総合対策推進事業のモデル地区として選定した。これらの地区で地下水汚染に関する調査を実施するとともに硝酸性窒素低減対策を推進することとした。

調査対象地域は、図 4-1-1 に示す五戸町の順礼森地区、善浪・鳩岡平地区、大久木地区である。

2) 地形及び地質

対象地域は五戸川低地及び五戸台地に位置している。図 4-1-2 に示す切峯図では南西端を頂点として、北方及び東方に緩やかに傾斜しており、標高 40m、60m、80m の台地が汀線と平行して南西 - 北東の方向に連なっている。

図 4-1-3 に示す地層構成によると、主要河川の流域には沖積層の発達が見られ、八戸段丘（標高約 20m）、高館段丘（標高約 40m）、天狗岱段丘（標高約 60m）及びその後背の丘陵地には厚くシラス、火山灰やアワズナが堆積している。

なお、対象地域の既存のボーリング調査によると、シラス、火山灰やアワズナの厚さは約 30m であり、その下に粘土層が存在する。また、五戸台地の収水層は約 120m に深に存在しており、八戸方向へ流れている。

3) 地下水の利用状況

五戸町全体の上水道普及状況を表 4-1-1 に示す。五戸町における上水道の未整備率は、平成 13 年度末で約 14% である。

対象地域において平成 12 年度に実施した地下水調査時の聞き取りでは、回答が得られた 66 戸のうち 62 戸（94%）が井戸水を飲用していた。中でも順礼森地区は上水道が未整備であったことから、その対策が特に急がれる状況にあった。

また、善浪・鳩岡平地区及び大久木地区においても水道に加入していない家があり、飲用等に利用されている状況にあった。

表 4-1-1 五戸町上水道普及状況（平成 13 年度末）

人口	上水道	簡易水道	未整備（井戸利用）
18,503 人	13,713 人	2,191 人	2,599 人
-	74%	12%	14%

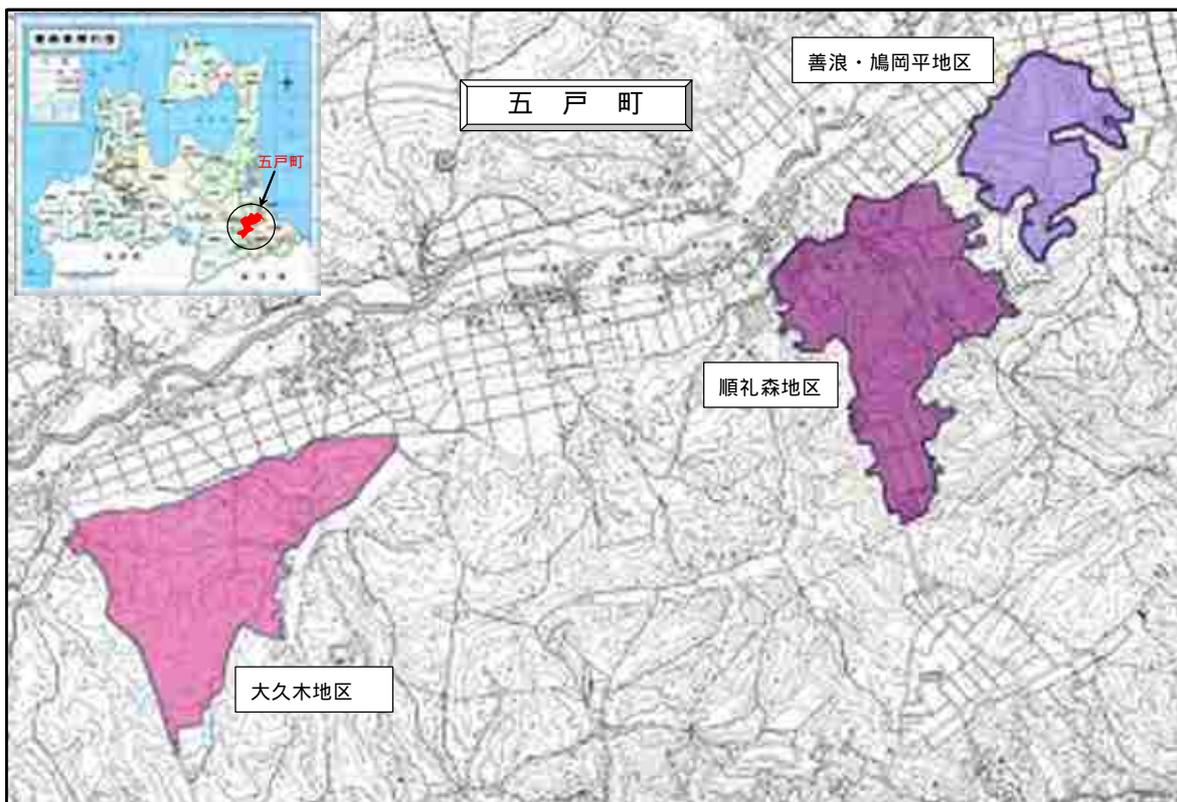


図 4-1-1 調査対象地域

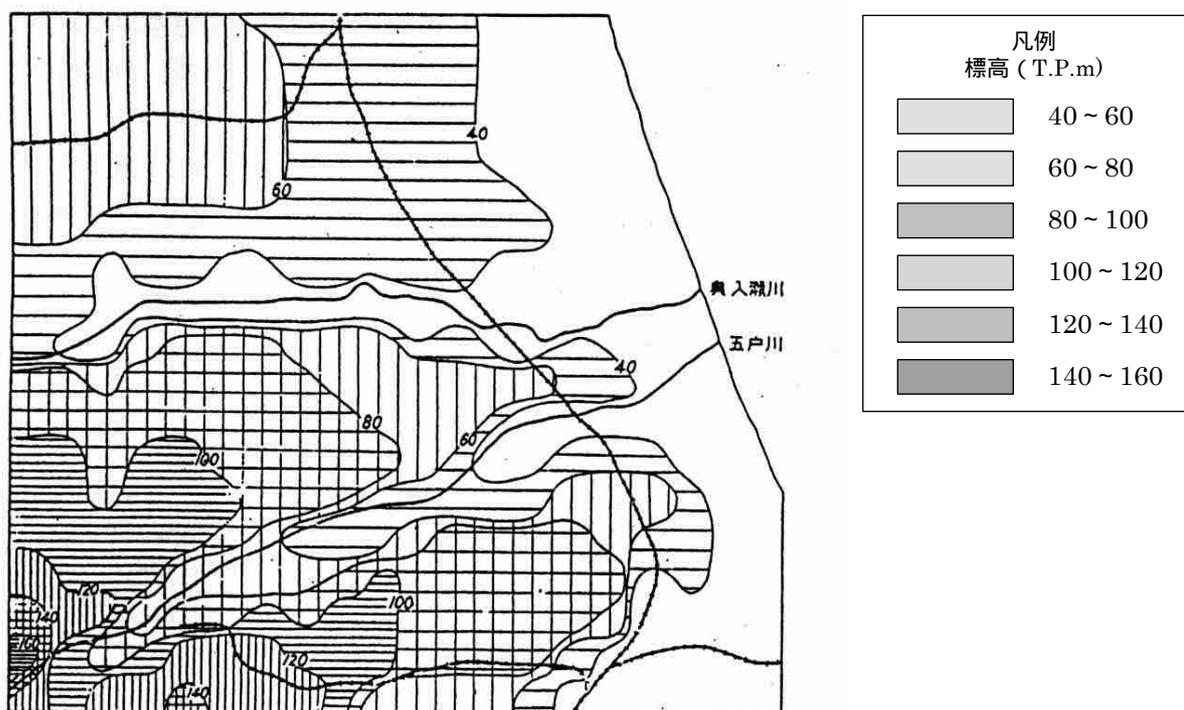


図 4-1-2 対象地域の切峯図

(「土地分類基本調査 地形・表層地質・土じょう 八戸」(昭和 40 年) 経済企画庁)

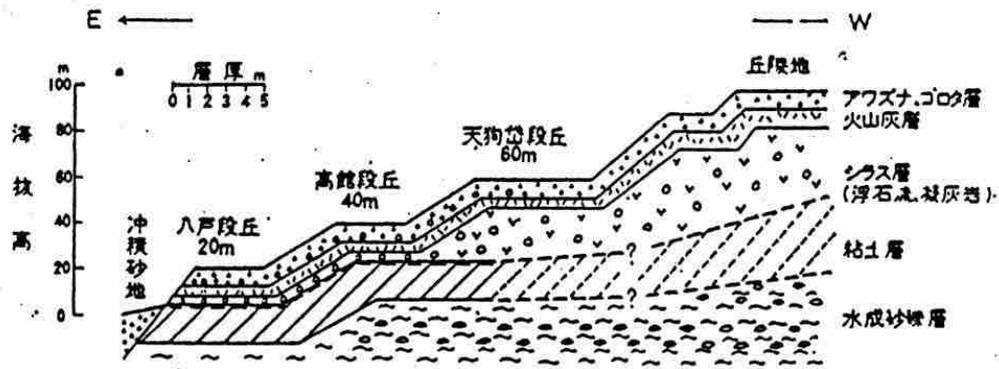


図 4-1-3 対象地域の地層構成

(「土地分類基本調査 地形・表層地質・土じょう 八戸」(昭和 40 年) 経済企画庁)

4) 人口

五戸町の昭和 25 年から平成 12 年にかけての人口の推移は図 4-1-4 のとおりである。

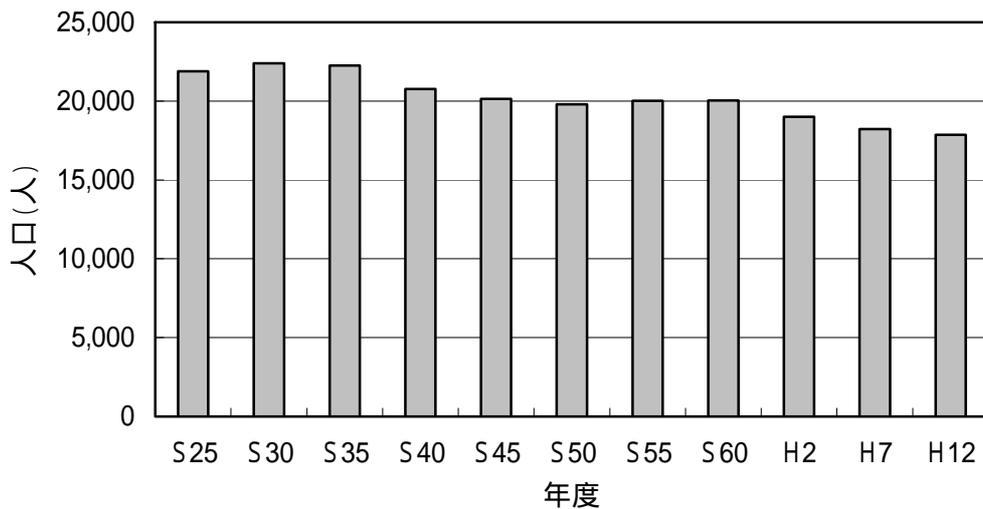


図 4-1-4 人口推移

5) 土地利用

対象地域の土地利用状況は図 4-1-5 に示すとおりであり、主に農地(畑)と森林で占められている。畑の面積は概ね全体の半数を占めている。

畑の作物別作付け面積を図 4-1-6 に示す。順礼森地区及び大久木地区の主な作物は、ながいもとにんにくであり、面積が 80%以上を占めている。なお順礼森地区ではながいもの占める割合が高い。

また、善浪・鳩岡平地区では、ながいもとにんにくよりもだいこんと葉菜類の占める割合が高く、他の地区とは異なっている。

対象地域の土地利用の状況(平成 12 年度)を図 4-1-7 に示す。

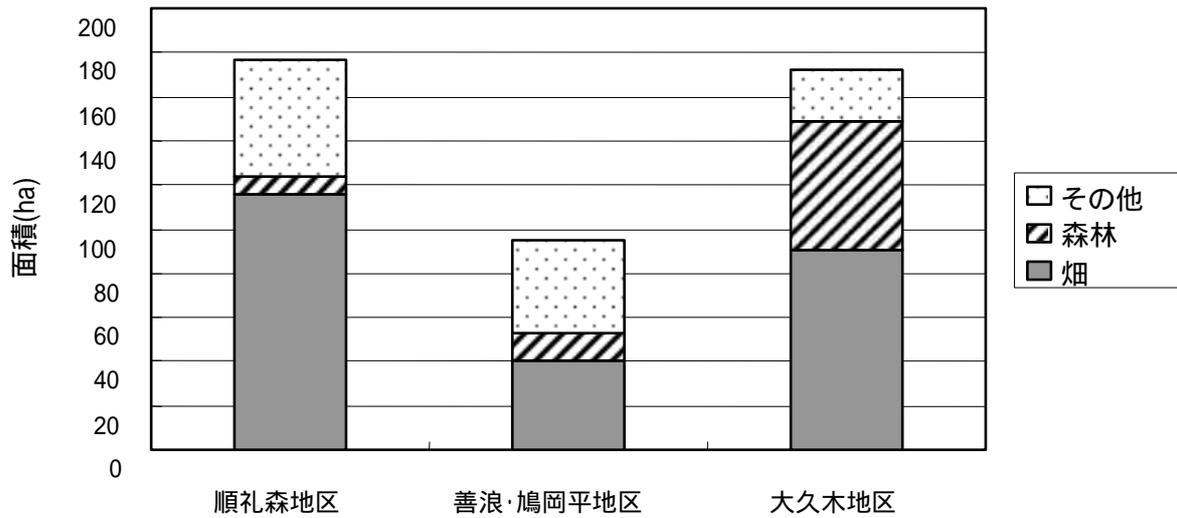


図 4-1-5 各地区の土地利用状況 (平成 12 年度)
注) 面積は空中写真及び現地踏査により求めた。

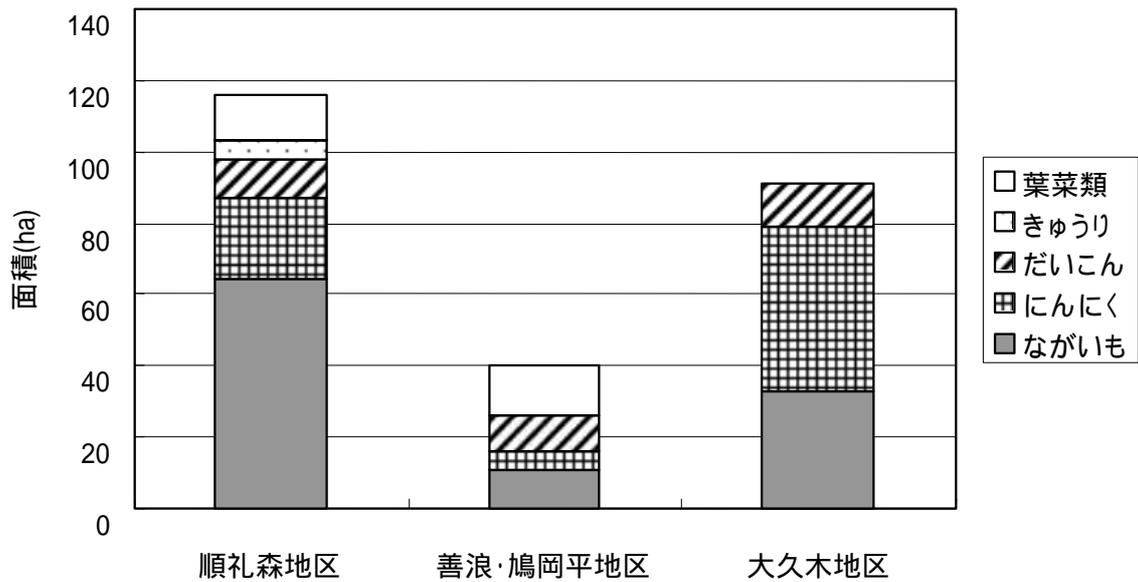


図 4-1-6 各地区の作物別作付け面積 (平成 12 年度)

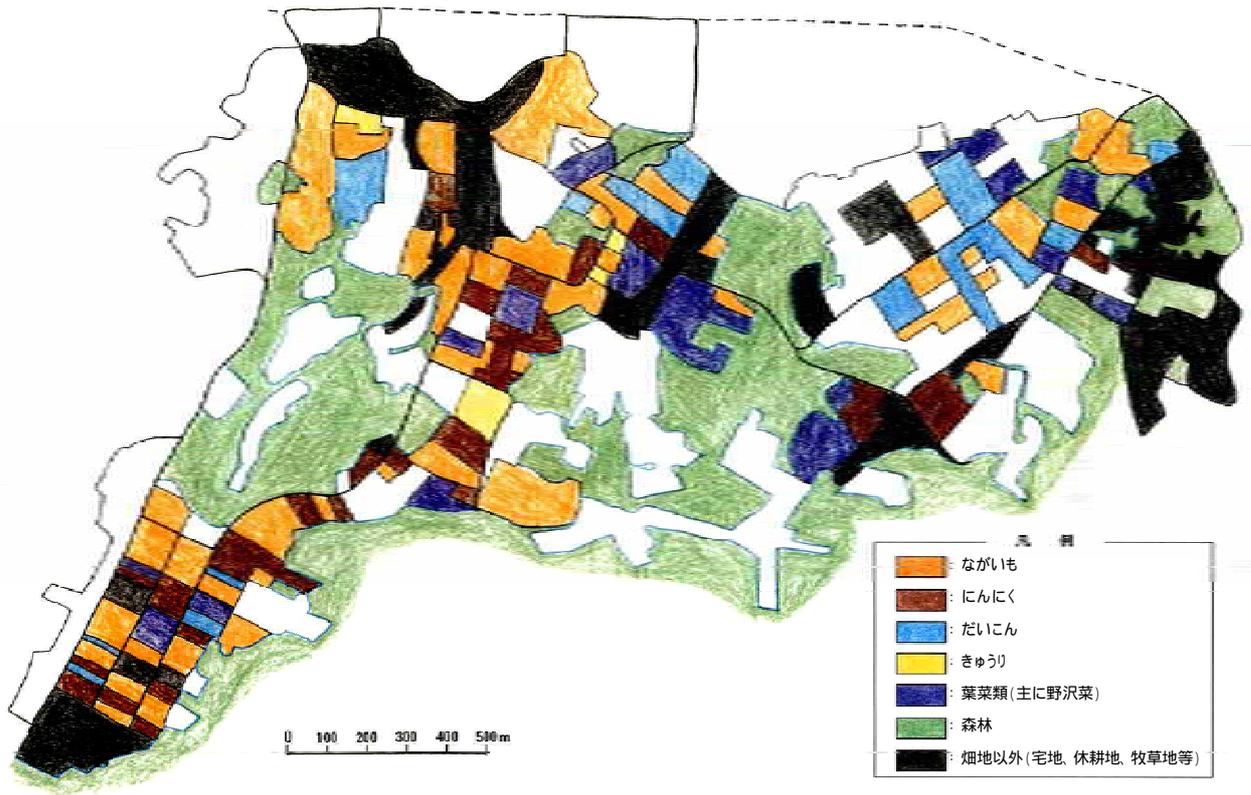


図 4-1-7 (1) 土地利用の状況 (順礼森地区、善浪・鳩岡平地区：平成 12 年度)

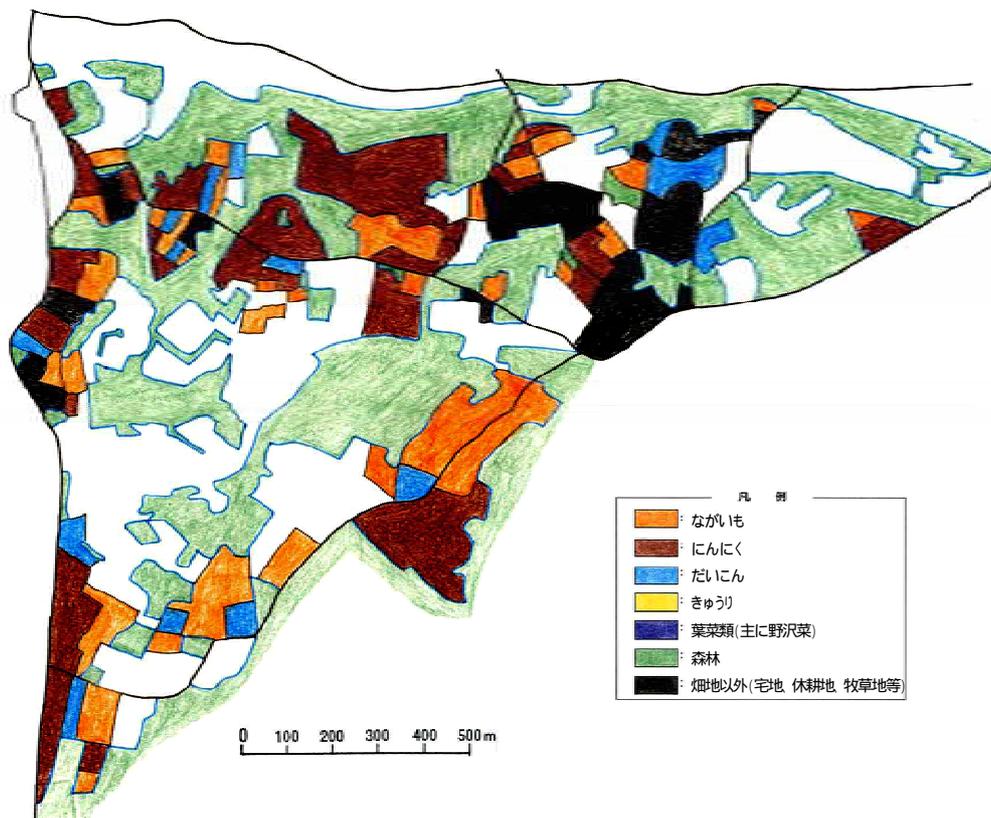


図 4-1-7 (2) 土地利用の状況 (大久木地区：平成 12 年度)

6) 上水道

五戸町の上水道普及率の経年変化は図 4-1-8 のとおりである。

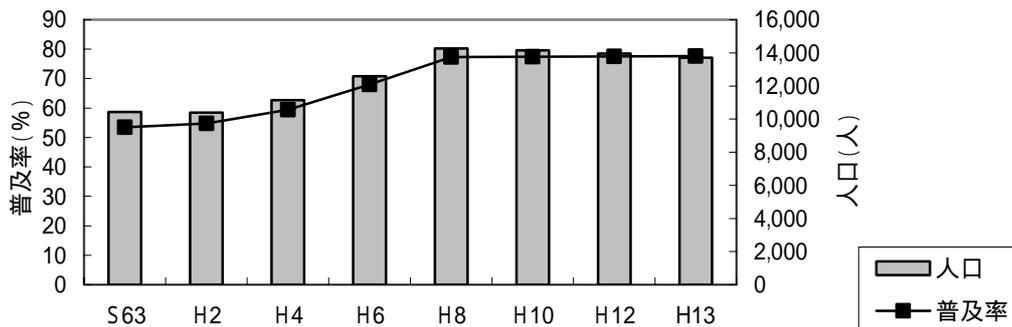


図 4-1-8 上水道の普及率と普及人口

7) 気象

対象地域に隣接する八戸における気温、降水量^{*1}、蒸発散量^{*2}の月別平年値(30年統計値)を図 4-1-9 に示す。この地域では、9月に降雨が最も多く、12月に少なくなっており、蒸発散量は4、5月と8、9月が多い。また、降水量と蒸発散量の差は地下水涵養に寄与し、9月に最も多くなる。また、10月～5月までは降水量と蒸発散量が概ね等しく、涵養量も少ないと判断される。

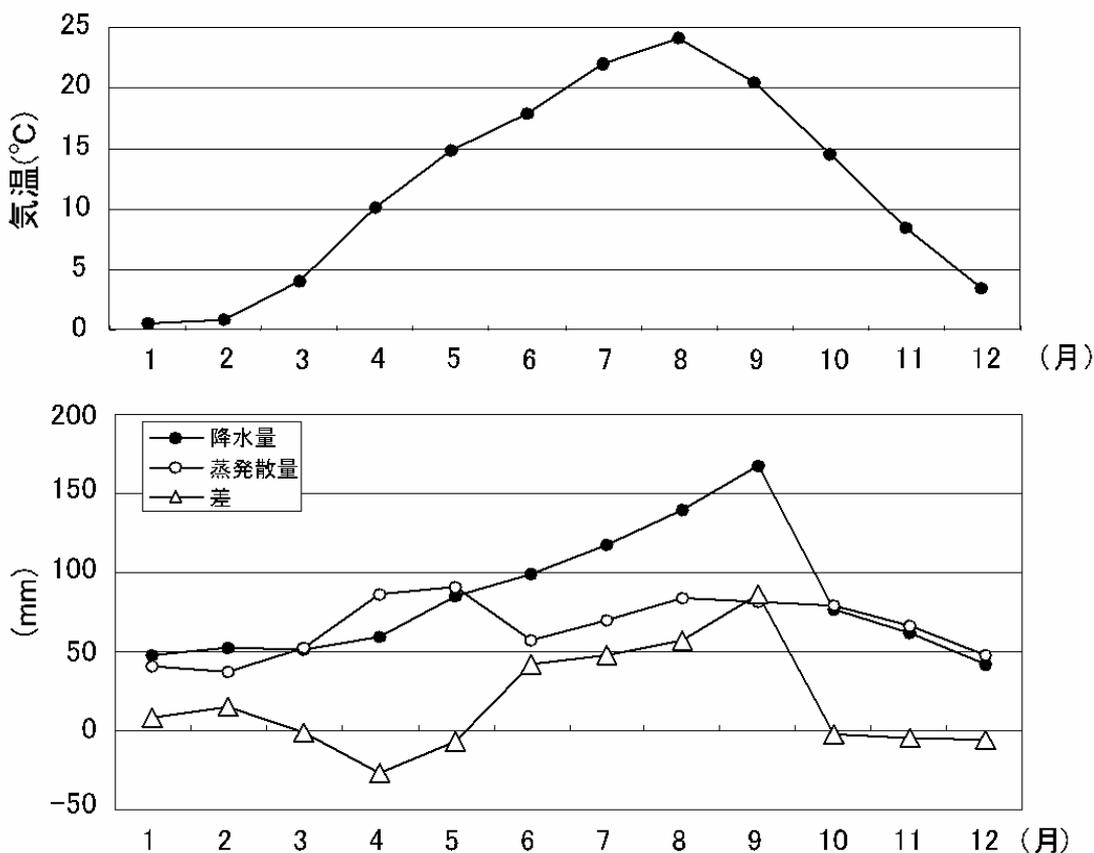


図 4-1-9 気象状況(八戸)

* 1) 「日本気候表(1971年～2000年)」(平成13年3月、気象庁)

* 2) 蒸発散量を求める式としてペンマンの式を用いた。

$$E_p(\text{mm/day}) = 0.35(\rho^* - \rho_a) (0.5 + v_2/161)$$

ここに、 E_p : 蒸発散量 (mm/day)

ρ_a : 平均蒸気圧 (mmHg)

ρ^* : 平均気温での飽和水蒸気圧 (mmHg) ρ_a/ρ^* = 相対湿度より算定

ρ_a/ρ^* : 相対湿度

v_2 : 耕地の地上2mにおける平均風速 (km/day)

風速以外は「日本気候表(1971年～2000年)」(平成13年3月、気象庁)の八戸より、風速は最新の気候表に記載がないことから、過去(1951年～1980年)の気候表のデータを用いた。

(2) 地下水汚染の状況について

1) 地下水汚染の現況

ア) 地下水水質の変動

地下水の硝酸性窒素濃度の季節的变化を把握するために、対象地域(順礼森地区、善浪・鳩岡平地区、大久木地区)において、水質調査を実施した。

a) 調査概要

調査期間：平成12年8月～平成13年7月

調査頻度：毎月1回

調査地区：順礼森地区(6地点)、善浪・鳩岡平地区(7地点)、大久木地区(6地点)

調査位置：井戸及び湧水〔調査位置は図4-1-10参照〕

調査方法：採水による水質分析

b) 調査結果

図4-1-11に調査結果を示す。

順礼森地区、善浪・鳩岡平地区では、湧水及び浅井戸を中心に40mg/L前後の高濃度の硝酸性窒素が検出された。

大久木地区では順礼森地区、善浪・鳩岡平地区に比べて低いものの、0-4、0-5、0-6で環境基準を超える結果であった。

月別の濃度変化はほとんどみられなかった。

深井戸(40m以深)では硝酸性窒素は検出されておらず、深いところまで地下水汚染は進んでいないと考えられる。

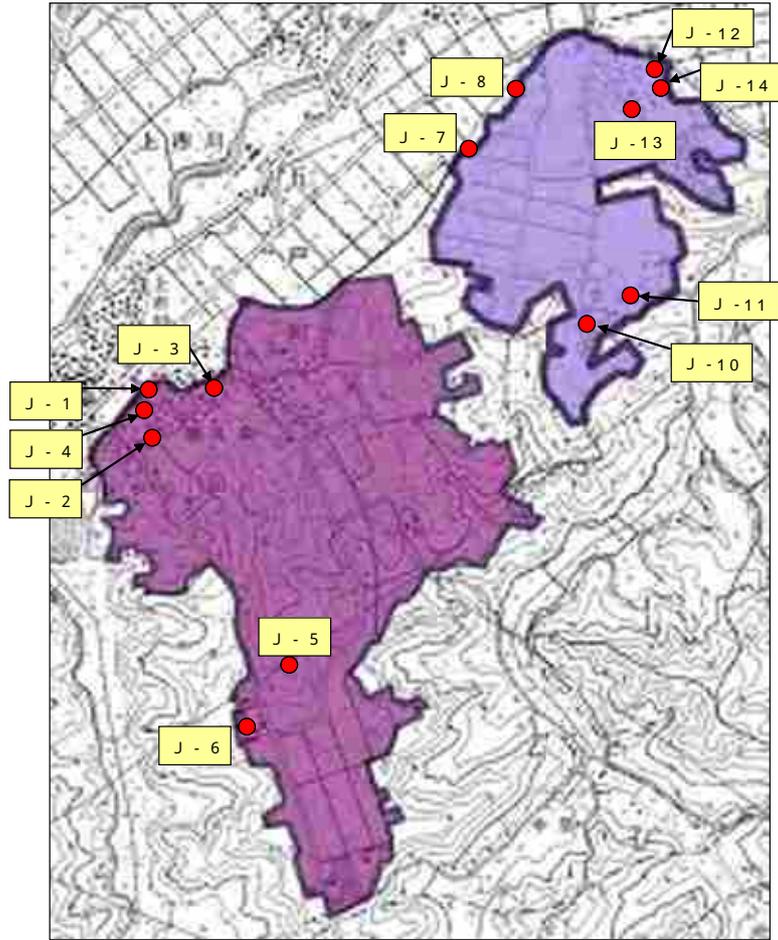


图 4-1-10 (1) 調査位置 (順礼森地区、善浪・鳩岡平地区)

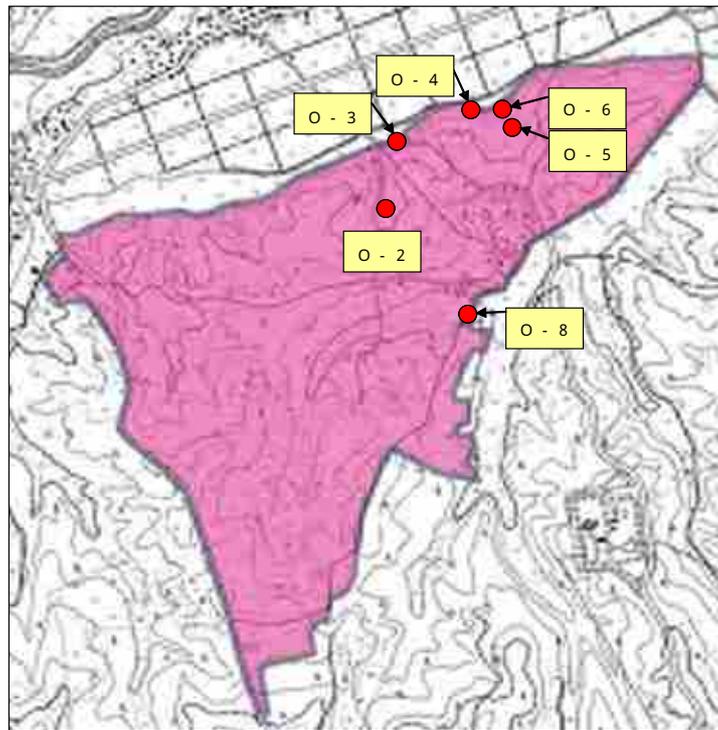


图 4-1-10 (2) 調査位置 (大久木地区)

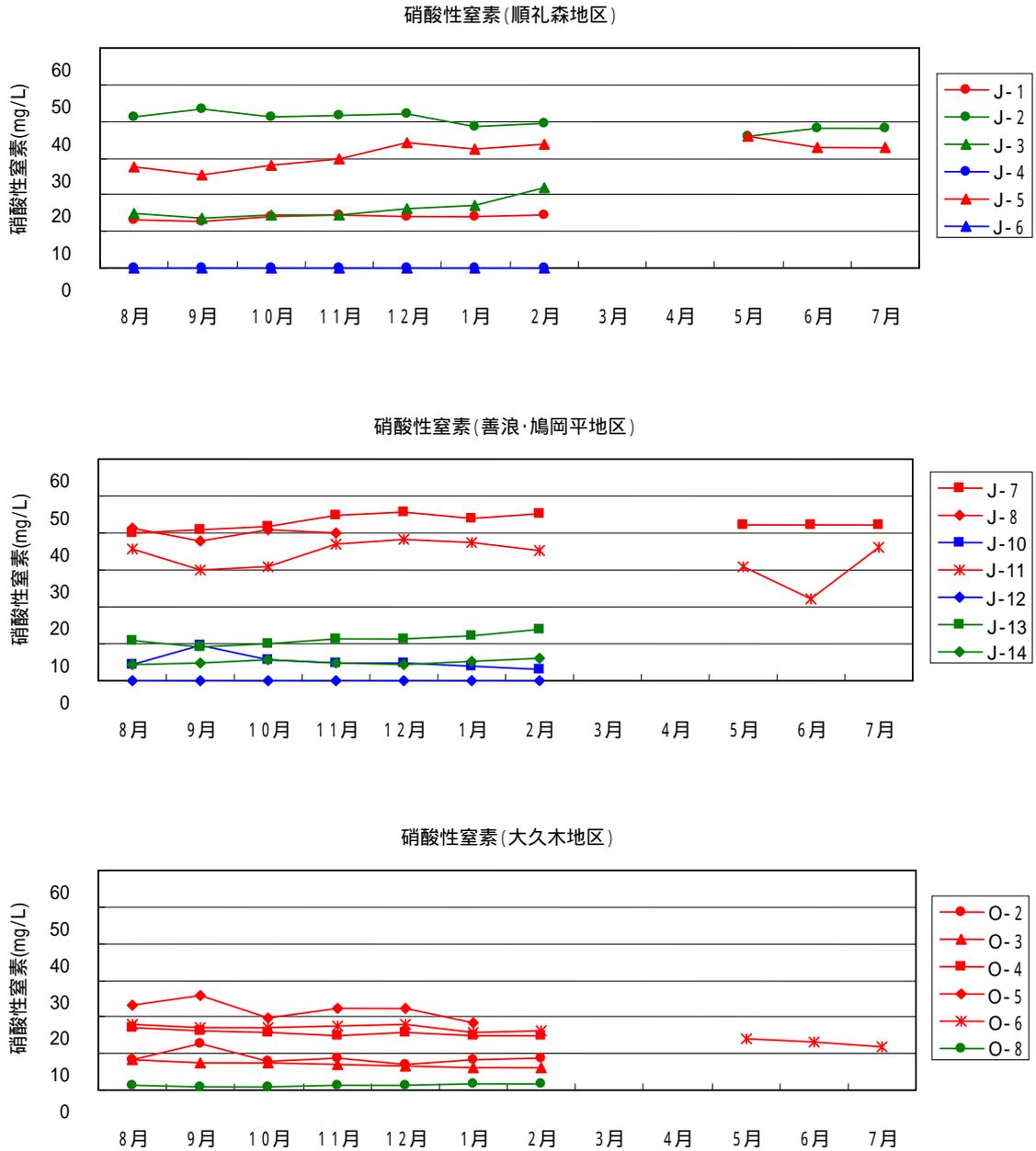


図 4-1-11 水質調査結果 (硝酸性窒素)

イ) 地下水水質の水平分布

対象地域の地下水水質の水平的な分布及び飲用に用いている井戸水水質の把握のために、対象地域において、井戸水水質調査を実施した。

a) 調査概要

調査期間：平成 12 年 12 月～平成 13 年 1 月

調査地区：順礼森地区(65 地点)、善浪・鳩岡平地区(14 地点)、大久木地区(3 地点)

調査位置：82 地点の井戸

調査方法：採水による水質分析

b) 調査結果

井戸水水質調査の結果を表 4-1-2 にまとめた。これを基に硝酸性窒素濃度の水平分布図を作成し、図 4-1-12 に示した。なお、大久木地区については調査件数が少ないため水平分布図は作成していない。

各地区の井戸水の半数以上は硝酸性窒素の環境基準(10mg/L)を超えており、基準超過率は、順礼森地区で 66%、善浪・鳩岡平地区で 50%、大久木地区で 67%となっている。対象地域全体では、約 63%の井戸が環境基準を超過している。

きゅうり栽培の近傍の井戸では硝酸性窒素が高い濃度で検出されている。

順礼森地区では、葉菜類の作付け割合が高い善浪・鳩岡平地区に比べて、硝酸性窒素濃度の高い井戸の割合が高い。

表 4-1-2 (1) 井戸水分析結果 (善浪・鳩岡平地区)

番号	使用状況	使用目的	上水道の有無	井戸深度 (m)	水温 ()	pH	EC (μS/cm)	硝酸性窒素 (mg/L)
1	毎日使用	一般飲料	無		6.0	6.6	281	11.0
2					9.0	6.5	176	1.9
3	毎日使用	一般飲料	無		6.0	6.1	200	6.2
4	毎日使用	一般飲料	無	6	10.0	6.4	216	4.5
5	毎日使用	一般飲料	無		8.0	6.7	648	37.0
6	毎日使用	一般飲料	無		9.5	7.9	143	0.047
7	未使用		無	20	10.0	6.4	406	22.0
8	毎日使用	その他	無	100	7.0	8.0	151	0.015
9					8.0	6.2	333	11.0
10	その他	その他		5	9.0	6.4	453	19.0
11			無	6	8.0	6.1	385	13.0
12	毎日使用		無	5	11.0	6.4	238	9.0
13	毎日使用	一般飲料	無	5~6	9.0	6.5	454	20.0
14					10.0	7.0	118	0.074

注 1) 使用状況等は平成 12 年度調査時の聞き取りによる。

2) 網掛けは環境基準を超過したことを表す。

表 4-1-2 (2) 井戸水分析結果 (大久木地区)

番号	使用状況	使用目的	上水道の有無	井戸深度 (m)	水温 ()	pH	EC (μS/cm)	硝酸性窒素 (mg/L)
1	毎日使用	一般飲料	無		10.0	6.3	184	3.2
2	毎日使用	一般飲料	無		9.0	6.2	440	27
3					10.0	6.2	491	31

注 1) 使用状況等は平成 12 年度調査時の聞き取りによる。

2) 網掛けは環境基準を超過したことを表す。

表 4-1-2 (3) 井戸水分析結果 (順礼森地区)

番号	使用状況	使用目的	上水道の有無	井戸深度 (m)	水温 ()	pH	EC (μS/cm)	硝酸性窒素 (mg/L)
1	毎日使用	一般飲料	無		10.0	6.5	405	13.0
2	毎日使用	一般飲料	無	108	10.0	8.1	148	< 0.005
3					11.0	8.3	147	< 0.005
4	毎日使用	一般飲料	無		11.0	6.2	358	7.8
5					11.0	6.4	471	18.0
6	毎日使用	一般飲料	無	6	12.0	6.1	342	7.3
7	毎日使用	一般飲料	無		10.0	6.1	324	9.2
8	毎日使用	一般飲料	無		7.0	6.3	281	10.0
9	毎日使用	一般飲料	無	9	5.0	6.7	529	19.0
10	毎日使用	一般飲料	無	130	12.0	8.3	147	0.01
11	毎日使用	一般飲料	無		8.5	6.7	487	23.0
12	毎日使用	一般飲料	無		9.0	6.6	488	22.0
13	毎日使用	一般飲料	無	10	8.0	6.3	703	39.0
14					10.0	6.3	424	17.0
15	毎日使用	一般飲料	無		11.0	6.7	503	20.0
16					8.0	6.5	503	24.0
17					7.0	6.9	488	20.0
18					8.0	6.4	520	28.0
19	毎日使用	一般飲料	無	不明	8.5	6.3	549	32.0
20	毎日使用	一般飲料	無	70~80	9.0	6.5	550	32.0
21			無		10.0	6.5	431	19.0
22	毎日使用	一般飲料	無	7	8.0	6.4	250	6.7
23	毎日使用	一般飲料	無	7	7.0	6.4	276	6.6
24	毎日使用	一般飲料	無		6.0	6.2	458	25.0
25	毎日使用	一般飲料	無	19	10.0	6.3	561	31.0
26	毎日使用	一般飲料	無		7.0	6.3	500	26.0
27	毎日使用	一般飲料	無		11.0	6.8	578	26.0
28	毎日使用	一般飲料	無	12	10.0	6.4	525	23.0
29			無		10.0	6.4	320	9.7
30	毎日使用	一般飲料	無		11.0	6.3	415	15.0
31	毎日使用	一般飲料			10.0	8.0	131	0.0
32					8.0	6.1	251	11.0
33	毎日使用	一般飲料			8.0	6.0	430	18.0
34	毎日使用	一般飲料	無		6.0	6.4	552	25.0
35	毎日使用	一般飲料			9.0	6.4	575	29.0
36	毎日使用	一般飲料	無	4	6.0	6.5	383	9.5
37	毎日使用	一般飲料	無	130	5.0	7.8	134	0.033
38	毎日使用	一般飲料			5.0	6.3	345	17.0
39	毎日使用	一般飲料	無	20	10.0	8.1	131	< 0.005
40	毎日使用	一般飲料		20	6.0	8.2	131	0.01
41	毎日使用	一般飲料			7.0	6.9	99	0.038
42	毎日使用	一般飲料	無	13	12.0	6.4	515	30.0
43	毎日使用	一般飲料	無		8.0	6.4	403	16.0
44	毎日使用	一般飲料			8.0	6.4	303	8.8
45	毎日使用	一般飲料	無		7.0	5.9	341	16.0
46			無		5.0	6.2	369	17.0
47					9.0	6.2	371	16.0
48	毎日使用	一般飲料	無		6.0	6.3	695	48.0
49	毎日使用	一般飲料	無		11.0	6.3	701	48.0
50	毎日使用	一般飲料	無		9.0	6.2	356	15.0
51	毎日使用	一般飲料	無	13	10.0	6.4	465	21.0
52			無	12	10.0	6.4	350	13.0
53					10.0	6.3	248	6.9
54	毎日使用	一般飲料	無	12	10.0	6.3	343	13.0
55					9.0	6.2	357	18.0
56	毎日使用	一般飲料	無	12	10.0	6.2	463	25.0
57	毎日使用	一般飲料	無	10	10.0	6.3	441	27.0
58	毎日使用	一般飲料	無		9.5	6.2	531	35.0
59	毎日使用	一般飲料	無		10.0	6.4	531	34.0
60	毎日使用	一般飲料	無	80	10.0	7.3	136	0.033
61	毎日使用	一般飲料			10.0	6.4	380	10.0
62	毎日使用	一般飲料			10.5	6.6	513	29.0
63	毎日使用	一般飲料	無		10.0	6.4	374	11.0
64	毎日使用	一般飲料	無	5	10.0	6.4	351	10.0
65	毎日使用	一般飲料	無	4	10.5	6.4	250	7.8

注 1) 使用状況等は平成 12 年度調査時の聞き取りによる。

2) 網掛けは環境基準を超過したことを表す。



図 4-1-12 (1) 硝酸性窒素濃度水平分布 (順礼森地区)

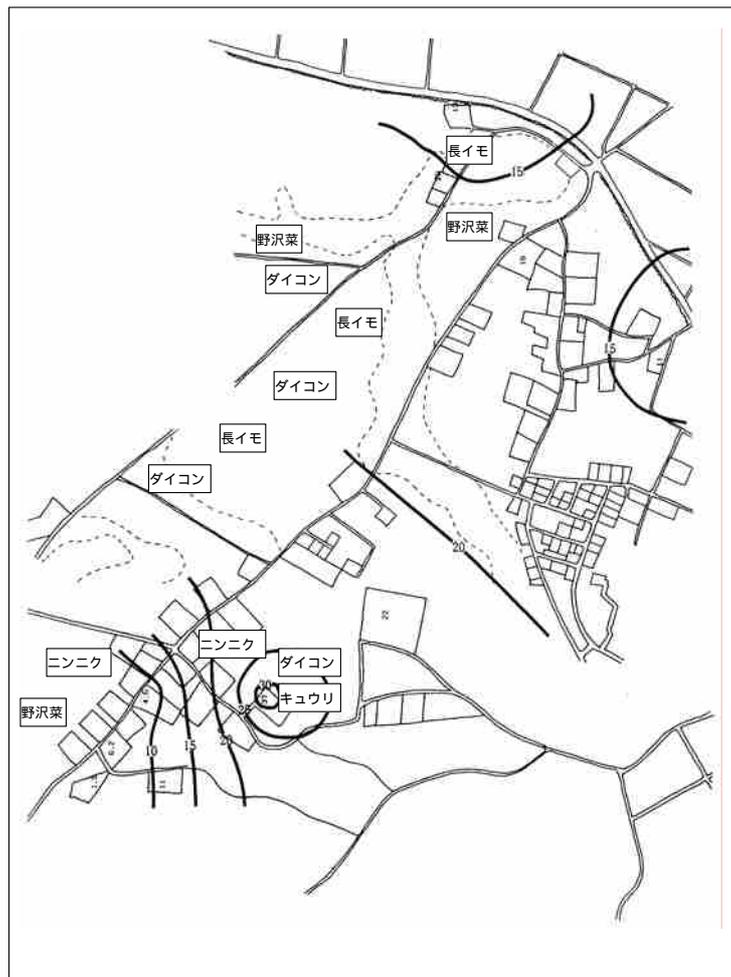


図 4-1-12 (2) 硝酸性窒素濃度水平分布 (善浪・鳩岡平地区)

2) その他の水域の状況

対象地域の硝酸性窒素濃度の高い地下水が公共用水域へ与える影響を把握するために、五戸地区の近傍を流れる五戸川で水質調査を実施した。

ア) 調査概要

調査期間：平成 13 年 5 月、平成 13 年 7 月

調査場所：五戸川

調査位置：戌橋(環境基準点)、切谷内橋、尻引橋(環境基準点)〔図 4-1-13 参照〕

調査方法：採水による水質分析

イ) 調査結果

調査結果を表 4-1-3 に示す。

五戸川の硝酸性窒素濃度は 2 mg/L 以下であり環境基準 (10mg/L) を十分下回っている。

五戸川の水質を見るかぎり、対象地域からの硝酸性窒素負荷による顕著な影響はみられない。

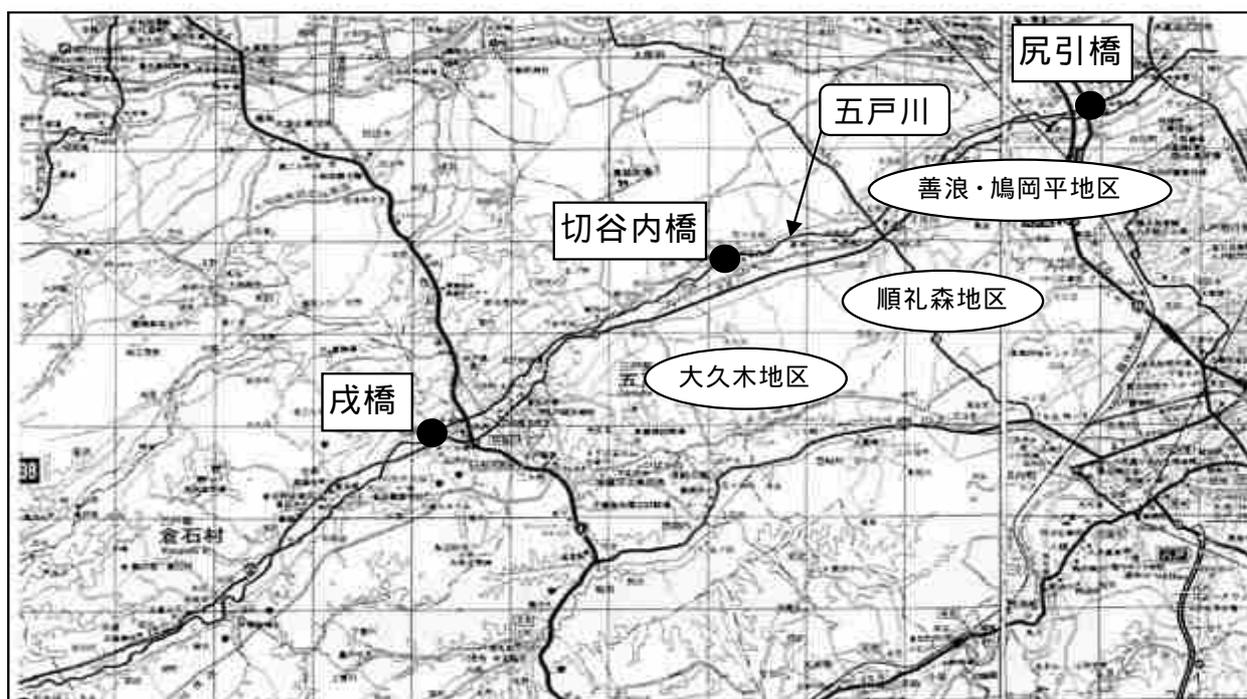


図 4-1-13 五戸川における調査位置

表 4-1-3 五戸川における硝酸性窒素濃度 (mg/L)

測点		5月	7月
上流環境基準点	戌橋	1.5	1.3
大久木地区北側	切谷内橋	1.5	1.3
下流環境基準点	尻引橋	1.9	0.9

(3) 地下水汚染の原因

1) 汚染原因・汚染機構解明調査結果

ア) 水質解析法

a) トリリニアダイアグラム

平成 11 年 12 月に採水した地下水分析値のトリリニアダイアグラムを図 4-1-14 に示す。

トリリニアダイアグラムでは、深井戸である No.11(J4)、No.13(J6)、No.18(J12) とその他のグループに区分される。陰イオン成分の三角座標図においても同様に 2 つのグループに区分される。

深井戸では NO_3^- 当量%が小さい傾向が見られた。

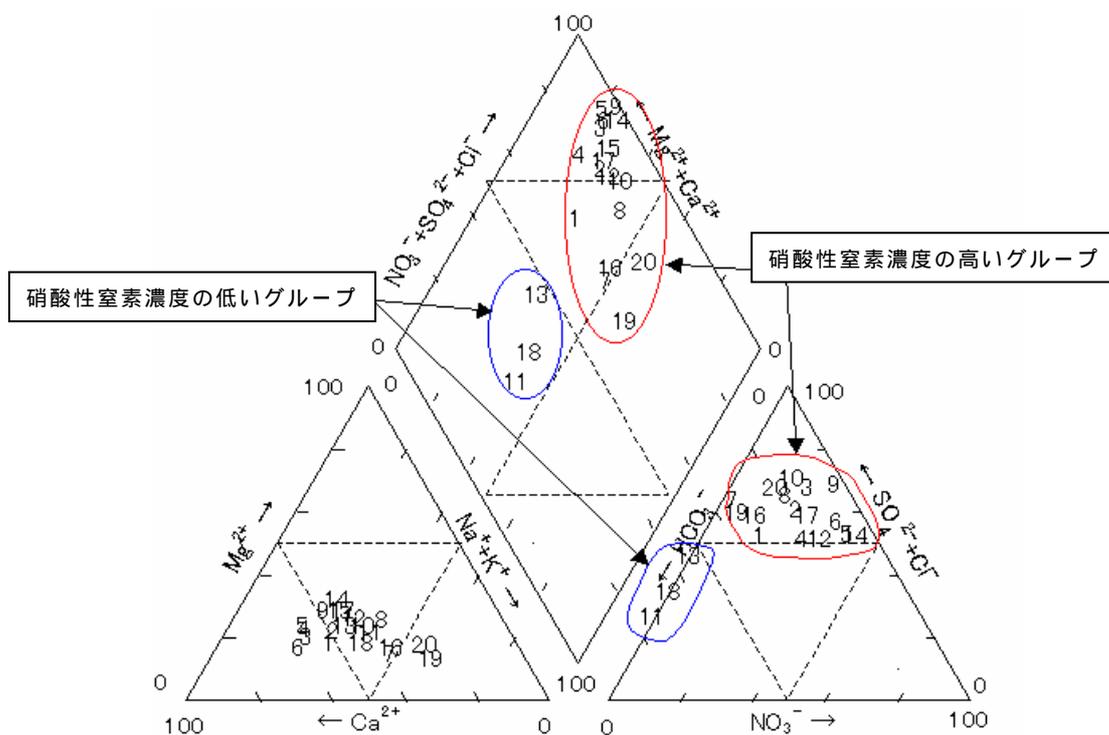


図 4-1-14 トリリニアダイアグラム (平成 11 年 12 月採水)

b) 主成分分析

平成 12 年 10 月に採水した地下水の主成分分析結果より求めた濃度相関マトリックス及び硝酸性窒素と硫酸イオン濃度の関係を図 4-1-15、表 4-1-4 に示す。

各成分の相関を見ると、硝酸性窒素と高い相関を示していたのはカルシウムイオン及びマグネシウムイオンで相関係数は 0.9 を越えていた。硫酸イオンとの相関はこれらに比してやや低かったが、相関係数は 0.72 で十分高い相関を示した。また、硫酸イオンとカルシウムイオン及びマグネシウムイオンの間にも 0.7~0.8 と高い相関を示した。

一般的に、窒素肥料 (硫酸アンモニウムが有効成分) の溶脱により硝酸性窒素汚染が生じた地下水では硝酸性窒素と硫酸イオンとの間に高い相関があることが知られている。また、このような地下水ではカルシウムイオン及びマ

グシウムイオンとも高い相関が認められるが、この理由は施肥とともに土壌の酸性化防止のために肥料よりも多量に散布される土壌改良剤（苦土石灰）の影響によるとされている。

今回の結果では、カルシウムイオン及びマグネシウムイオンとの相関が非常に高く、土壌改良剤の影響を受けていることが伺える。しかし、堆肥にもカルシウムイオン・マグネシウムイオンが窒素分と同程度含まれる（鶏ふんでは特に高い）ので両者の相互の影響により高い相関を示した可能性がある。なお、硫酸イオンと硝酸性窒素の相関も十分に高いことから化学肥料の硫酸による影響も大きいと考えられる。後述する窒素同位体比分析の結果からも化学肥料と堆肥の影響がほぼ同等である可能性が示唆されているため、いずれの場合も施肥の影響は大きいと考えられる。

（参考）家畜ふん堆肥の無機成分含量（乾物％）

		乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	T-C	n	f
鶏	採卵鶏 M	45.9	1.94	3.74	2.44	7.13	0.85	—	32.6	8	90
	おがくず入り CV	17.3	28.8	34.0	105.1	—	—	—	2.1	—	—
	プロイラー M	56.4	4.00	4.77	2.79	5.47	2.53	—	34.0	—	15
	おがくず入り CV	25.7	37.7	42.8	48.9	54.2	138.3	—	21.4	—	—
豚	おがくず入り M	42.8	2.22	3.25	1.53	3.00	0.97	0.14	39.9	16	227
	CV	21.9	17.7	48.6	39.8	60.0	49.6	—	16.6	—	—
	稲わら入り M	30.3	2.92	5.95	4.74	1.38	0.87	0.62	—	2	12
	CV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
牛	おがくず入り M	60.5	2.27	3.67	1.21	4.00	1.16	—	38.8	3	34
	CV	13.3	9.3	15.1	80.1	—	—	—	—	—	—
	おがくず入り M	34.5	1.71	1.79	1.96	2.96	0.70	0.52	39.9	15	151
	CV	21.5	16.5	36.3	35.0	90.8	40.1	38.6	11.5	—	—
牛	稲わら入り M	22.4	2.16	2.15	2.31	2.31	0.96	0.65	36.0	7	75
	CV	25.3	20.3	23.0	33.3	35.7	20.9	—	23.3	—	—
	糠がら入り M	27.4	1.35	5.59	1.92	0.95	0.74	—	38.0	2	5
	CV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
牛	牧草入り M	24.8	2.30	1.38	2.17	2.06	0.81	0.34	38.2	5	134
	CV	19.7	13.2	25.7	46.6	36.7	16.1	—	54.8	—	—

注) M: 平均値 CV: 変動係数 n: 回答場所数 f: 分析点数

(資料: 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る地下水汚染調査マニュアル、平成 11 年 3 月環境庁)

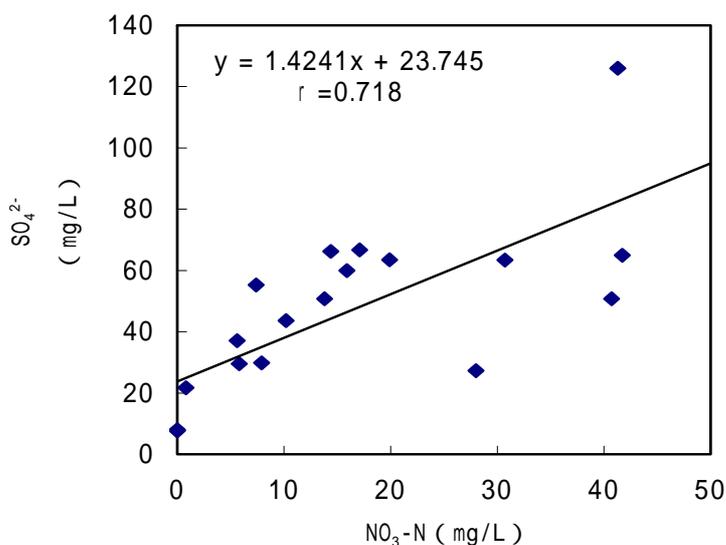


図 4-1-15 硝酸性窒素と硫酸イオンの関係

表 4-1-4 濃度相関マトリックス

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	EC
NO ₃ -N	0.921	0.932	0.658	0.718	0.965
Ca ²⁺		0.935	0.510	0.844	0.931
Mg ²⁺			0.671	0.725	0.940
Cl ⁻				0.440	0.738
SO ₄ ²⁻					0.824

イ) 窒素安定同位体比法

平成 12 年 10 月に採水した地下水と、ながいも栽培で用いられている化学肥料及び堆肥（牛ふん堆肥、鶏ふん堆肥）の窒素同位体比を表 4-1-5、図 4-1-16 に示す。

化学肥料の窒素同位体比は基肥・追肥とも約 5 ‰、堆肥の窒素安定同位体比は牛ふん・鶏ふん堆肥とも約 15 ‰で、一般的な堆肥の窒素安定同位体比の範囲とよく一致していた。

地下水の δ¹⁵N は概ね 6 ~ 11 ‰の間であり化学肥料と堆肥の中間値を示していた。この値は、一般的な降水の同位体比より高く、下水処理水の同位体比より低いので、この両者の影響は少ないと考えられる。したがって、モデル地区の地下水は化学肥料及び堆肥の両者の影響を受けている可能性が高い。

対象地域の地下水水質は、堆肥・化学肥料の影響が大きいと判断される

地下水の硝酸性窒素濃度の経月変化が極めて小さい理由としては、効果が持続的な堆肥の影響及びながいも、にんにくなどの作付け時期が異なる作物による継続的な施肥が考えられる。

表 4-1-5 窒素同位体調査結果

測点	δ ¹⁵ N	NO ₃ -N	T-N (参考)	備考
	‰	mg/L	%	
O4	6.5	15.9	-	
O5	8.6	19.9	-	
J2	8.4	41.3	-	
J5	9.8	28.0	-	
J7	10.6	41.7	-	
J11	11.1	30.7	-	
基肥 (化学肥料)	5.0	-	9.2	品名：長芋専用配合
追肥 (化学肥料)	4.9	-	1600	品名：燐硝安加里 S440
堆肥	15.4	-	2.0	牛ふん堆肥
堆肥	14.7	-	4.0	鶏ふん堆肥
報告下限値	-	0.1	0.0005	

(参考) 一般的な $\delta^{15}\text{N}$ の測定値

	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
降水	- 8 ~ 2
化学肥料	- 7.4 ~ 6.8
家畜糞尿	10 ~ 22

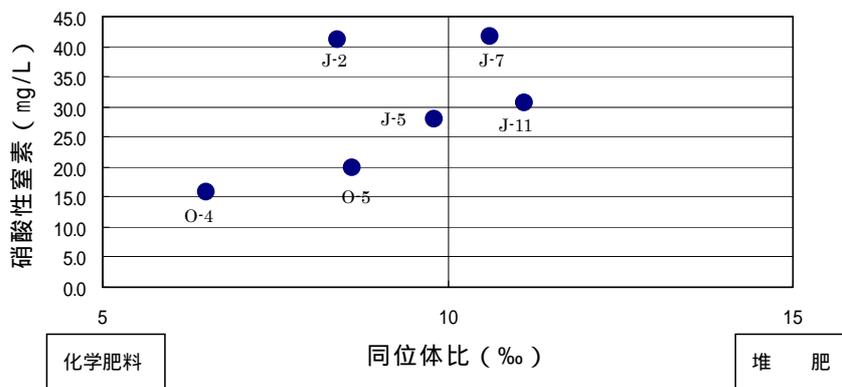


図 4-1-16 同位体比分析結果

ウ) 土壌分析から推定した汚染源

土壌分析結果を表 4-1-6 に示す。また、表 4-1-7 に青森県内の他の畑における分析結果(「平成 11 年度指導奨励事項・指導参考資料等」(平成 11 年 3 月、青森県農業研究推進センター))を示す。

畑(測点 1, 2)の可給態窒素はその他(測点 3, 4)に比べると高い。

畑(測点 1, 2)では、T-N に対し無機態窒素は 0.1% ~ 1.1% 程度であり、土壌の窒素分のほとんどが有機態窒素であると判断される。

表 4-1-7 によると、青森県内の他の地点の可給態窒素は経年的に減少傾向にある。可給態窒素の培養期間に差があることから表 4-1-6 のデータと直接比較することはできないが、対象地域が特別に窒素含有量が多い農地ではないと考えられる。

表 4-1-6 土壌分析結果(平成 13 年度対象地域調査)

測点	採土日	T-N (mg/kg dry)	NH ₄ -N (mg/kg dry)	NO ₂ -N (mg/kg dry)	NO ₃ -N (mg/kg dry)	可給態窒素 (mg/kg dry)	含水率 (%)	備考	
								場所	堆肥
1	6/14	2,400	0.8	0.05	13.2	15.1	27.1	JA 試験畑	なし
	9/28	1,200	1.2	0.02	4.4	13.0	39.4		
2	6/14	2,600	6.6	0.05	28.6	15.1	25.1	個人農家	あり
	9/28	3,100	1.1	0.02	3.2	17.8	37.6		
3	9/28	5,800	2.2	0.04	22.6	<0.1	48.2	森林部	
4	9/28	2,200	11.6	0.04	0.3	3.4	22.7	あぜ道	

注) 可給態窒素: 培養法(30、3週間)

表 4-1-7 定点土壌分析結果（青森県内の他の地点）

調査時期	T-N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	可給態窒素 (mg/kg)
昭和 54 年～57 年	3,700	28.0	68.0
昭和 59 年～62 年	3,800	16.0	64.0
平成元年～平成 4 年	3,800	6.0	56.0
平成 6 年～平成 9 年	4,000	40.0	44.0

注) 可給態窒素：培養法（30、4 週間）集計点数 180～185（ほとんど黒ボク土）

2) 地下水への窒素負荷発生状況（窒素収支等）

ア) 農地からの負荷

a) 化学肥料

作物毎の化学肥料の窒素負荷量原単位を表 4-1-8 に示す。

対象地域では、1つの畑において、これらの作物を年間 1 回だけ栽培を行う。また、ながいも、にんにく、きゅうりの化学肥料の施肥量は、平成 14 年 7 月に対象地域で実施した施肥アンケート結果より、単位面積当たりの平均値を求めた。

表 4-1-8 作物別窒素負荷原単位（化学肥料）

作物	窒素負荷原単位 (kg/10a・年)
ながいも	17.6
にんにく	25.7
だいこん	6.0
きゅうり	63.1
葉菜類	21.6

注) だいこん、葉菜類の施肥量はやさい栽培の手引き（平成 11 年 2 月、しんせい五戸農協）より設定

b) 堆肥

対象地域で施肥されている、作物毎の堆肥の種類別施用率及び施用量を表 4-1-9 に示す。対象地域の堆肥は牛ふん・鶏ふん堆肥等の家畜ふん堆肥が多く使用されていた。

堆肥の窒素含有率は表 4-1-10 に示すとおりであり、堆肥の種類によって含まれる窒素量が異なる。表 4-1-11 では、アンケート結果より各農家で使用する堆肥量に種類毎の窒素含有率を乗じて、単位面積あたりの作物別窒素負荷量を求めた。

表 4-1-9 堆肥の施用状況

	堆肥施用量 (kg/10a・年)	堆肥の種類別施用率(%)				
		稲わら堆肥	牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	その他
ながいも	1,349	0	53	11	31	5
にんにく	3,239	0	29	9	38	24
だいこん	2,000	-	-	-	-	-
きゅうり	2,719	12	60	0	25	3
葉菜類	2,000	-	-	-	-	-

注) だいこん、葉菜類の施肥量はやさい栽培の手引き(平成11年2月、しんせい五戸農協)より設定

表 4-1-10 堆肥の窒素含有率

堆肥の種類	窒素含有率(%)			出典
	平均	最大	最小	
稲わら堆肥(n=15)	0.43	0.61	0.24	S62~H13 青森県農業試験場データ
牛ふん堆肥(n=143)	0.56	1.25	0.28	良質きゅう肥の生産と成分簡易推定法(平成14年3月 青森県農林水産部)
豚ふん堆肥(n=25)	2.42	4.27	0.34	
鶏ふん堆肥(n=23)	1.86	3.75	0.61	

注)

- ・だいこん、葉菜類の使用堆肥の種類は不明であることから、アンケート結果から求めた対象地域の使用堆肥の平均的な窒素含有率(1.1%)を用いた。
- ・稲わら堆肥の窒素含有率は、県農業試験場の平成10年度研究結果(土壌環境負荷低減方策の確立)のデータ0.419%を用いた。

表 4-1-11 作物別窒素負荷原単位(堆肥)

作物	窒素負荷原単位(kg/10a・年)
ながいも	15.8
にんにく	39.7
だいこん	22.0
きゅうり	24.5
葉菜類	22.0

c) 化学肥料、堆肥による窒素負荷原単位(合計)

表 4-1-12 に化学肥料と堆肥に含まれる窒素分を合計した作物毎の窒素負荷量原単位を示す。

表 4-1-12 作物別窒素負荷原単位（化学肥料と堆肥の合計）

作物	窒素負荷原単位 (kg/10a・年)
ながいも	33.4
にんにく	65.4
だいこん	28.0
きゅうり	87.6
葉菜類	43.6

各地区における作物毎の窒素負荷量は表 4-1-13 のとおりである。

表 4-1-13 作物別窒素負荷量 (kg/年)

作物	順礼森地区	善浪・鳩岡平地区	大久木地区
ながいも	21,342	3,774	11,155
にんにく	15,108	3,270	29,758
だいこん	3,024	2,772	3,472
きゅうり	3,943	0	0
葉菜類	5,624	6,104	0
合計	49,041	15,920	44,385

イ) 生活雑排水からの負荷

対象地域における平成 13 年度の生活雑排水未処理人口及び、生活雑排水の T-N 負荷量原単位(2.0g/人・日*1)より窒素負荷量を算定した。算定結果は表 4-1-14 に示すとおりである。

表 4-1-14 生活雑排水からの負荷量

	順礼森地区	善浪・鳩岡平地区	大久木地区
生活雑排水未処理人口(人)	359	382	71
窒素負荷量(kg/年)	262	279	52

*1)「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」(平成 11 年版)(社)日本下水道協会

ウ) 浄化槽からの負荷

対象地域における平成 13 年度のし尿処理形態別人口を表 4-1-15 に示す。合併浄化処理槽及び単独浄化処理槽の T-N 負荷量原単位*2 は 6.5g/人・日及び 5.9g/人・日であることから、窒素負荷量は表 4-1-16 に示すとおりである。

表 4-1-15 し尿処理形態別人口 (人)

	順礼森地区	善浪・鳩岡平地	大久木地区
人口	363	415	71
合併浄化処理人口	4	33	0
単独浄化処理人口	70	133	11
し尿処理人口(汲み取り)	289	241	60

表 4-1-16 浄化槽からの負荷量 (kg/年)

	順礼森地区	善浪・鳩岡平地区	大久木地区
合併浄化処理槽	9	78	0
単独浄化処理槽	151	286	24
合計	160	364	24

*2)「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」(平成 11 年版)(社)日本下水道協会

エ) 特定事業場からの負荷

対象地域内の特定事業場は、善浪・鳩岡平地区の畜産及び食料品製造の 2 事業場があり、前者は、家畜ふん尿を堆肥として利用し、汚水を排出していない。また、後者では、9 m³/日の排水は農業排水路を通じて五戸川へ排出している。

以上のことから、対象地域への負荷はほとんどないものと判断される。

オ) 山林からの負荷

山林からの窒素負荷量は、平均 4.4kg/ha/年*3 であり、山林面積より算定した負荷量は表 4-1-17 に示す通りである。

表 4-1-17 山林からの負荷量

	順礼森地区	善浪・鳩岡平地区	大久木地区
山林面積 (ha)	8.1	13.0	58.1
窒素負荷量 (kg/年)	36	57	256

*3)「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」(平成 11 年版)(社)日本下水道協会

カ) 降雨からの負荷

降水からの窒素負荷量は、平均 8.0kg/ha/年*4 であり、対象地域面積より算定した負荷量は表 4-1-18 に示す通りである。

表 4-1-18 降雨からの負荷量

	順礼森地区	善浪・鳩岡平地区	大久木地区
地域面積 (ha)	168.4	82.1	114.2
窒素負荷量 (kg/年)	1,347	657	914

*4) 「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」(平成 11 年版)(社)日本下水道協会東北地方のデータより設定。

キ) 各地区の窒素負荷量

対象地域での窒素負荷量のまとめを表 4-1-19 に示す。対象地域全体では約 95% が、各地区別では約 92～97% が、農地(畑)からの負荷量である。

表 4-1-19 窒素負荷量のまとめ (kg/年)

	順礼森地区	善浪・鳩岡平地区	大久木地区	合計
農地(畑)	49,041	15,920	44,385	109,346
生活雑排水	262	279	52	593
浄化槽	160	364	24	548
特定事業場	0	0	0	0
山林	36	57	256	349
降雨	1,347	657	914	2,918
合計	50,846	17,277	45,631	113,754

ク) まとめ

窒素負荷量から見ると、対象地域では農地からの負荷量が最も多く、どの地区でも 92%以上を占めている。また、水質からみると、硝酸性窒素濃度が高い地下水は、堆肥及び化学肥料の影響を受けていた。これらのことから、対象地域での硝酸性窒素による地下水汚染は、農地での施肥(堆肥及び化学肥料)が主な汚染原因であると推察される。

また、平成 11 年 12 月に採水した地下水の分析結果では、全調査地点で亜硝酸性窒素及び陰イオン界面活性剤は定量限界値未満であり、糞便性大腸菌は、近くに堆肥が積まれていた調査地点を除いて検出されていないことから、生活雑排水やし尿からの直接的な影響はほとんどないと考えられる。

(4) 負荷低減計画の策定

1) 計画の推進体制

負荷低減対策及び飲用水対策を効果的に推進していくためには、青森県・五戸町・農協等関係機関が計画の趣旨を理解し、一体となって積極的な努力を重ねる必要がある。

このため、平成 11 年 12 月 7 日に、五戸町の地下水汚染対策を総合的に講じるために関係機関で設置した「硝酸性窒素総合対策連絡調整会議」(以下「連絡調整会議」という。)において、情報交換及び総合的な計画の進行管理を行う。

計画を推進するための関係機関の主な役割を表 4-1-20 に示す。

表 4-1-20 計画推進における関係機関の主な役割

関係機関		主な役割
五戸町		住民との連絡調整・情報提供、現地での負荷低減・飲用水対策の推進
しんせい五戸農業協同組合		現地での負荷低減対策への協力
青森県	構造政策課	負荷低減対策の検討・推進（堆肥・化学肥料関係）
	畜産課	負荷低減対策の検討・推進（家畜排せつ物利用関係）
	薬務衛生課	飲用水対策の検討・推進
	環境政策課	総合調整、環境水状況の把握
	三戸地方農林水産事務所	負荷低減対策に係る制度・事業の周知徹底
	三戸地方農林水産事務所八戸地域農業改良普及センター	負荷低減対策の検討・推進（堆肥・化学肥料利用関係）
	三戸地方健康福祉センター（八戸保健所）	飲用水対策の現地指導
	青森県農林総合研究センター	負荷低減対策の現地指導（堆肥・化学肥料利用関係）
	青森県農林総合研究センター畜産試験場	負荷低減対策の現地指導（家畜排せつ物利用関係）
	青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場	負荷低減関係技術の検討（堆肥・化学肥料関係）
青森県環境保健センター	環境水調査	

2) 計画策定に係る検討経過

平成 11 年度から硝酸性窒素対策事業を実施し、平成 15 年 1 月までに計 8 回にわたって硝酸性窒素総合対策連絡調整会議を開催した。なお、会議メンバーは県、五戸町、地元農協で構成した。

表 4-1-21 連絡調整会議メンバー

町	五戸町
地元農協	しんせい五戸農業協同組合
県	構造政策課
	畜産課
	薬務衛生課
	環境政策課
	三戸地方農林水産事務所
	三戸地方農林水産事務所八戸地域農業改良普及センター
	三戸地方健康福祉こどもセンター（八戸保健所）
	青森県農林総合研究センター
	青森県農林総合研究センター畜産試験場
	青森県農林総合研究センター畑作園芸試験場
青森県環境保健センター	

硝酸性窒素総合対策事業説明会	(11.9.2)(11.10.21)
モデル地区視察・意見交換会(硝酸性窒素検討会委員)	(11.10.21)
平成11年度第1回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(11.12.7)
検討内容 平成11年度硝酸性窒素総合対策推進事業計画 硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	
平成11年度第2回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(12.2.1)
検討内容 現状把握調査結果 硝酸性窒素浄化システムについての話題提供(福岡県八女市の事例)	
平成11年度第3回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(12.3.22)
検討内容 現状把握調査結果 硝酸性窒素負荷低減計画の方向性	
五戸町役場、しんせい五戸農協と打合せ	(12.9.13)
平成12年度第1回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(12.7.25)
検討内容 平成11年度調査結果 平成12年度調査計画	
平成12年度第2回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(13.2.27)
検討内容 平成12年度調査結果 モデル地区の地下水の硝酸性窒素汚染状況 平成13年度調査計画	
平成13年度第1回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(13.7.4)
検討内容 平成12年度調査結果 平成13年度調査計画	
平成13年度第2回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(14.2.5)
検討内容 平成13年度調査結果 今後の事業	
平成13年度第3回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(14.3.22)
検討内容 平成13年度調査結果 今後の事業	
平成14年度第1回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(14.6.13)
検討内容 これまでの調査結果 平成14年度対策実施計画 これまでの対策の取組状況	
平成14年度第2回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(14.10.31)
検討内容 硝酸性窒素負荷低減推進計画(案)	
平成14年度第3回硝酸性窒素総合対策連絡調整会議	(15.1.15)
検討内容 硝酸性窒素負荷低減推進計画(案)	
硝酸性窒素負荷量削減計画策定	
対策実施	

3) 計画の内容

ア) 対策対象地域

対策対象地域は、調査によって広く地下水汚染が確認された順礼森地区、善浪・鳩岡平地区、大久木地区とする。

イ) 基本方針

対象地域では青森県の特産物であるながいも、にんにくの栽培が主な産業となっている。その一方で、これらの栽培による施肥（堆肥、化学肥料）が汚染源と考えられ、地下水の硝酸性窒素が環境基準を超えていると推察される。このような地域の特性を踏まえ、ここでは、農業と環境の共存を目指し、作物生育に影響を及ぼさない方策で地下水の水質の改善を図ることとする。なお、地下水の水質が飲用に適する状態に改善されるまでの期間は、健康影響を防ぐため飲用水対策を推進することとする。

ウ) 目標

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素について、地下水の環境基準とする。

（目標値：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が 10mg/L 以下）

4) 施肥による負荷低減計画の目標

ア) 対象作物

対象地域の畑作において、作付け面積が大きく中心作物となっている「ながいも」と「にんにく」及び単位面積当たりの施肥量が多く、栽培近くの井戸に影響を与えていると考えられている「きゅうり」の3種を負荷低減対策の対象作物とする。

イ) 施肥基準

青森県の施肥基準を表 4-1-22 に示す。

表 4-1-22 青森県施肥基準

	堆肥		化学肥料
	種類	堆肥施用量(kg/10a)	窒素施肥量(kg/10a)
ながいも	稲わら堆肥*	2,000	21 ~ 25
にんにく		2,000	20 ~ 25
きゅうり		3,000 ~ 4,000	35 ~

（資料）

- ・やさい栽培の手引き、平成 14 年 3 月、青森県
- ・やさい花き栽培の手引き - 栽培編 -、平成 8 年 3 月、青森県・JA 青森経済連

（*注）

・資料では堆肥の種類が明記されていないが、施肥基準を設定した基礎試験では窒素成分の少ない稲わら堆肥を想定している。

ウ) 投入窒素量と施肥基準の比較

堆肥に含まれる有機態の窒素は、微生物の働きにより無機態窒素に変化し作物に吸収利用される。堆肥から生成される無機態窒素の割合（窒素無機化率）を堆肥の種類別に表 4-1-23 に示す。

これらの窒素無機化率を用いて、対象地域で施用される堆肥に含まれる窒素量から無機態窒素の生成量を算定した。表 4-1-24 に、対象地域において堆肥から生成される無機態窒素量を作物別に示す。

表 4-1-23 堆肥種別の窒素無機化率

堆肥	窒素無機化率	出典
稲わら堆肥	5.8%	土壌環境負荷低減方策の確立 (平成 10 年 青森県農業試験場)
牛ふん堆肥	30%	良質堆きゅう肥の生産と成分簡易推定法 (平成 14 年 3 月 青森県農林水産部)
豚ふん堆肥	50%	
鶏ふん堆肥	70%	

表 4-1-24 堆肥から生成される無機態窒素量 (kg/10a・年)

作物	堆肥施用量 ¹	堆肥中全窒素 ²	堆肥から生成される無機態窒素量
ながいも	1,349	15.8	8.5
にんにく	3,239	39.7	22.2
きゅうり	2,719	24.5	12.3

(備考)

1：堆肥施用量は表 4-1-9 に同じ（稲わら、牛ふん、豚ふん、鶏ふんの各堆肥及びその他の合計量）。

2：堆肥中全窒素は表 4-1-11 の窒素負荷原単位に同じ（堆肥種別全窒素の合計量）。

表 4-1-25 に、対象地域における堆肥からの無機態窒素生成量を踏まえた投入窒素量と施肥基準量を示す。過剰施肥量はながいもで 0.6kg/10a、にんにくで 22.4kg/10a、きゅうりで 39.4kg/10a であった。ながいもに対する投入窒素量は施肥基準を若干超える程度であるが、にんにく及びきゅうりについては施肥基準の約 2 倍の窒素量が施肥されている。

表 4-1-25 対象地域における投入窒素量と施肥基準の比較 (kg/10a・年)

	投入窒素量（現状）			施肥基準量			過剰施肥量
	堆肥	化学肥料	合計	堆肥	化学肥料	合計	
ながいも	8.5	17.6	26.1	0.5	25.0	25.5	0.6
にんにく	22.2	25.7	47.9	0.5	25.0	25.5	22.4
きゅうり	12.3	63.1	75.4	1.0	35.0	36.0	39.4

(注) きゅうりの施肥基準は、下限値しかないため、ここでは下限値を施肥基準とした。

工) 作物別の窒素負荷低減目標値

対象地域においては、窒素成分の多い家畜ふん堆肥が主に使用されており、全体の窒素投入量は施肥基準を超えていることが明らかになった。このため、現状における負荷低減の目標は施肥基準とする。ただし、肥効調節型肥料の導入などにより、従来の施肥基準以下であっても安定的な収穫が得られる効率的な施肥技術が確立された場合には、当該技術を踏まえた新たな施肥基準の導入や当該技術の普及等を検討し一層の負荷低減を図る。

表 4-1-26 に、対象地域における現状での窒素負荷量と施肥基準を遵守した場合の窒素負荷量（現状に対する目標値）を示す。

表 4-1-26 (1) ながいもの窒素負荷低減目標値

ながいも	対象地域	現況 (kg/年)	目標値 (kg/年)	低減量 (kg/年)	低減率 (%)
	順礼森地区	16,678	16,295	383	2
	善浪・鳩岡平地区	2,949	2,882	67	
	大久木地区	8,717	8,517	200	
	合計	28,344	27,694	650	

表 4-1-26 (2) にんにくの窒素負荷低減目標値

にんにく	対象地域	現況 (kg/年)	目標値 (kg/年)	低減量 (kg/年)	低減率 (%)
	順礼森地区	11,065	5,891	5,174	47
	善浪・鳩岡平地区	2,395	1,275	1,120	
	大久木地区	21,795	11,603	10,192	
	合計	35,255	18,769	16,486	

表 4-1-26 (3) きゅうりの窒素負荷低減目標値

きゅうり	対象地域	現況 (kg/年)	目標値 (kg/年)	低減量 (kg/年)	低減率 (%)
	順礼森地区	3,393	1,620	1,773	52
	善浪・鳩岡平地区	0	0	0	
	大久木地区	0	0	0	
	合計	3,393	1,620	1,773	

5) 負荷低減対策

対象地域では、畑作農業としてながいも、にんにく、きゅうり等、単位面積当たりに要する施肥量が多い。

農作物の作付けが行われているが、当該地域における地下水の硝酸性窒素による汚染の主な原因は、これら畑作農業における過剰な施肥（堆肥も含む）と考えられて

いる。ただし、一方で、必要以上の減肥による収穫・品質不良を招くことは避けたいことから、硝酸性窒素負荷低減対策としては、土壌診断等を行い、土壌養分の状態に基づいた適正な施肥管理の実施が求められる。

このことを踏まえ、以下に、この地域で有効と考えられる負荷低減対策を示す。

ア) 堆肥中の窒素量を勘案した施肥設計の指導（平成 14 年度～）

五戸町のながいも、にんにく及びきゅうりの栽培においては、多様な堆きゅう肥が利用されている。しかし、堆きゅう肥に含まれる肥料分が畜種や処理方法などにより大きく異なることから、必ずしも適正に利用されていない状況にある。

県畜産試験場が開発した「簡易な肥料成分推定法」は、電気伝導度計を用いて簡易に肥料成分を測定することが出来るため、本法を活用することにより、各農家で比較的容易に堆肥の肥料成分を考慮した施肥設計が可能となり、過剰な施肥の抑制が期待される。

これらの測定に用いる電気伝導度計は、農業改良普及センターやしんせい五戸農協に配備されており、農業改良普及センター等では、本法の活用についてパンフレット配布等により農業従事者に周知・普及することとしている。

イ) 土壌の点検と改善指導（平成 13～16 年度）

県内産地土壌総点検事業として、五戸町でも土壌調査を行い土壌マップを作成するとともに、調査結果に基づき地域土壌の養分状態を把握し、地域農業従事者への改善指導等に活用する。

表 4-1-27 土壌調査計画

調査地域	五戸町全域	対象地域
調査地点数	約 160 地点	約 30 地点

順礼森地区、大久木地区、善浪・鳩岡平地区

ウ) 土壌診断に基づく農地管理の普及

農業従事者が自らの農地の養分状態を把握することは、施肥等による過剰な窒素負荷を防止するうえで基本となる事項である。

農業改良普及センターでは、簡易分析計（反射式光度計）を用いた土壌中の硝酸性窒素の分析が可能であることから、特に対象地域において、本法等を活用した土壌診断の普及に努めることとする。

エ) 肥効調節型肥料の導入（平成 15 年度～）

高度化肥料利用技術確立推進事業現地試験として、平成 12 年度～平成 14 年度に五戸町において青森県畑作園芸試験場が肥効調節型肥料によるながいもの実証試験を行っている。

肥料成分の溶出速度を調整できる肥効調節型肥料は、施肥効率を高める可能性が高く、従来の施肥窒素量（24kg/10a）に対して約 15～20%の減肥が可能となった

場合は、当該技術の確立・普及により、硝酸性窒素による地下水汚染の軽減が期待される。

本試験の成果や今後の検討等によって当該肥料の効果が実証された場合には、農業改良普及センター等による農業従事者指導を通じて普及することとしている。

オ) 畜産農家の堆肥舎整備

五戸町では、家畜排せつ物の野積み、素掘り等を解消し、地下水汚染等防止と良質堆肥生産に向けて、国及び県の補助事業を活用し堆肥舎等の整備を促進する。平成16年度までに、全対象畜産農家に対する整備を図る。

表 4-1-28 畜産農家の堆肥舎整備計画

H13年度現在	H14～16年度	計
6戸	16戸	22戸

注) 補助金活用と自力整備を合わせた数

カ) 農業改良普及センター等での指導・啓発

農業改良普及センター等では、以下の事項に留意しながら農業従事者指導に努めることとする。

また、施肥対策には、農業従事者への意識啓発が大切なことから、内容を理解しやすいパンフレットや手引き書等を作成・配布することにより啓発及び知識の普及を図る。

指導における留意事項は以下のとおりである。

- ・ 施肥基準の遵守
- ・ 農業改良普及センター等が行う土壌診断に基づく施肥の実施
- ・ 全面施肥から側条施肥技術、萌芽期施肥技術の導入
- ・ 生育状況に応じた適正追肥の実施

キ) 生活排水対策

五戸町では、生活排水対策の基本として、水の適正利用に関する普及啓発のほか、これら生活排水の処理施設を逐次整備していくこととしており、処理施設の整備に係る基本方針を次のとおりとしている。

下水道事業認可区域においては、計画期間内での事業完成を図ると共に、下水道計画区域においても出来るだけ早く事業認可をとり下水道の整備を図る。

下水道の供用が開始される地域では、速やかに水洗化の普及促進を図る。

農業振興の集落では、農業集落排水施設の整備を図る。

下水道事業認可区域、農業集落排水施設処理区域以外の地域にあつては、合

「生活排水」とは、し尿と日常生活に伴って排出される台所、洗濯、風呂等からの排水をいい、「生活雑排水」とは、生活排水のうち、し尿を除くものをいう。

併処理浄化槽の設置を促進する。

単独処理浄化槽を設置している家庭については、生活排水の処理を進めるため合併処理浄化槽への交換の指導等を検討する。

住宅団地造成の際は、個別または共同の合併処理浄化槽の整備を指導する。

下水道、農業集落排水施設の計画区域外集落については、面的整備区域とし、集落単位で合併処理浄化槽の推進を図る。

五戸町ではこの基本方針に基づき、下水道及び農業集落排水施設の計画区域外の集落地域については、集落単位で合併処理浄化槽の設置を促進していくこととしている。

また、五戸町では、先に掲げた処理方針に基づき、平成 8 年度に、平成 22 年度を目標年次とする「五戸町生活排水処理基本計画」を策定している。

平成 13 年度時点における生活排水処理率は 7.5%と低いが、平成 22 年度には 100%を目指しており、計画に基づく生活雑排水対策の推進により、生活雑排水が環境へ与える影響は大幅に削減されると考えられる。

a) 処理の目標

町内各地区の実状に応じた処理方式を採用しながら、目標年次である平成 22 年度には、人口の 100%の生活排水を施設で処理することを目標とする。

表 4-1-29 生活排水処理の目標

年 度	平成 13 年度	平成 22 年度
生活排水処理率	7.5%	100%

生活排水処理率算定の基になる生活排水処理人口とは、水洗化かつ生活雑排水処理人口である。

表 4-1-30 生活排水の処理形態別内訳 (単位：人)

年 度	平成 13 年度	平成 22 年度
1 計画処理区域内人口	18,503	19,400
2 水洗化・生活雑排水処理人口	1,382	19,400
(1)コミュニティ・プラント	0	0
(2)合併処理浄化槽	582	950
(3)公共下水道	800	15,074
(4)農業集落排水施設	0	3,376
3 水洗化・生活雑排水未処理人口	7,200	0
4 非水洗化人口	0	0
5 計画処理区域外人口	0	0

平成 22 年度の行政区域内人口は、五戸町下水道基本構想による。

b) 生活排水処理の主体

五戸町における生活排水処理の主体は、次のとおりである。

表 4-1-31 生活排水処理の主体

処理施設の種類	対象となる生活排水の種類	処理の主体
(1)コミュニティ・プラント	し尿、生活雑排水	五戸町
(2)合併処理浄化槽	し尿、生活雑排水	個人等
(3)公共下水道	し尿、生活雑排水、工場排水等	五戸町
(4)流域下水道	し尿、生活雑排水、工場排水等	青森県
(5)農業集落排水施設	し尿、生活雑排水	五戸町
(6)単独処理浄化槽	し尿	個人等
(7)し尿処理施設	し尿、浄化槽汚泥	十和田地区環境整備事務組合 六個衛生センター

c) 普及・啓発

生活排水対策を推進するため、五戸町は、住民に対して、生活排水対策の必要性を周知するための定期的な広報、啓発活動を行う。

特に、対象地域については、合併処理浄化槽の導入を図る地域であることから、浄化槽未設置者及び単独処理浄化槽設置者に対し、パンフレット等により合併処理浄化槽の有効性について啓発していく。

6) 飲用水対策について

硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は不揮発性物質であり、煮沸により除去不可能である。このため、安全な水を最も容易に確保することができる公共水道への加入を飲用水対策の基本として、井戸利用者へ飲用に係る指導を実施する。

ア) 飲用水に関する指導

上水道に加入し、かつ井戸も設置している家庭には、飲用に当たっては上水道を利用するよう指導を行う。

また、上水道に加入していない住民には、水質検査等の飲用井戸の管理指導を行い、飲用に適さない井戸の場合、硝酸性窒素除去用の浄水器設置を勧めるほか、特に乳幼児がいる家庭には市販のミネラルウォーターなどを利用するよう指導を行う。

イ) 上水道への加入指導

飲用水の恒久対策としては、上水道への加入が安全かつ最も有効と考えられることから取出口のみ設置または未加入の住民については、パンフレット配布等による水道加入の指導を行う。

特に順礼森地区については、硝酸性窒素による地下水汚染の発見を契機に上水道が整備されることになったことから、重点的に加入を推進する地区として、平成 14 年度の水道管敷設事業終了後 5 カ年を目途（平成 19 年度）に加入率 100%を目指して指導を行う。

表 4-1-32 上水道整備計画（順礼森地区）

全対象戸数	平成 13 年度加入	平成 19 年度目標
98 戸	10 戸	98 戸
加入率	10%	100%

地区の全体計画における全対象戸数（平成 13、14 年度計画の合計）

ウ) 飲用水対策の連携体制

飲用水対策は、健康影響を回避する上で極めて重要なことから、関係機関との十分な連携のもとに対応していく。

表 4-1-33 連携体制

担 当	連 携 内 容
五戸町（下水道課、厚生課）	現地での飲用に係る指導・水道加入指導
八戸圏域水道企業団	水道加入説明、配水管敷設
青森県三戸地方健康福祉こどもセンター （八戸保健所）	現地での飲用に係る指導・水道加入指導
青森県業務衛生課	総合的な飲用水対策の検討、関係機関の 連絡調整及び指導

(5) 対策の実施状況及びその効果

1) 負荷低減対策

農業改良普及センター、農協による研修会等開催による適正施肥量の指導・啓蒙を実施している。

ア) 堆肥化学肥料の負荷低減技術の検討

窒素を効率的に作物に吸収させる施肥技術の研究や土壌溶液の硝酸性窒素及び無機態窒素の変動の把握を目的とした研究を実施している。

イ) 堆肥の負荷低減対策に係る制度・事業の推進

畜産農家の堆肥舎の整備を実施し、家畜排せつ物の野積み、素堀り等を解消し、地下水汚染防止と良質堆肥生産に向けて堆肥舎の整備を促進している。

表 4-1-34 整備実績と計画

対象戸数	平成 14 年度	平成 15～16 年度
23 戸	10 戸	13 戸

2) 生活排水対策

五戸町により合併浄化槽の整備推進を実施し、平成 12 年度から平成 14 年度に 7 基新設した。

3) 飲用水対策

硝酸性窒素は、煮沸により除去不可能である。このため、安全な水を最も容易に確保することができる公共水道への加入を飲用水対策の基本として、井戸利用者へ飲用に係る指導を実施する。

ア) 飲用水に関する指導

平成 12 年度に行われた対象地域の井戸水調査においては、調査地点全体の約 63%の井戸で硝酸性窒素濃度が地下水の環境基準である 10mg/L を超えており、飲用による健康への影響が懸念されたことから、五戸町及び三戸地方健康福祉こどもセンターは井戸所有者に対する指導を実施した。

なお、対象地域のうち、調査時に水道が未整備であったのは順礼森地区である。

a) 環境基準超過飲用井戸設置者に対する指導

緊急措置として町役場等公共施設の水道水を提供することにより、代替の飲用水を確保するとともに、各戸巡回による飲用指導（上水道に加入している場合、飲用は水道水を利用のこと等）を行った。

また、上水道未加入者及び上水道未整備地区では、水道加入指導、硝酸性窒素除去用の浄水器の紹介、市販のミネラルウォーターの利用指導等を行った。

b) その他飲用井戸設置者に対する指導

パンフレット配布等により硝酸性窒素による飲用水汚染に関する注意喚起、水質調査の実施等による飲用井戸の管理、水道加入について啓発を行った。

イ) 上水道の整備

順礼森地区では上水道が未整備であったことから、恒久的な飲用水対策として、地区住民等から上水道の早急な整備が望まれた。

このため、八戸圏域水道企業団では、平成 13、14 年度の 2 カ年での配水管敷設を計画し、平成 12 年 11 月に同地区において、同企業団と五戸町による水道整備事業に関する住民説明会を開催した。

表 4-1-35 (1) 水道加入状況 (順礼森地区、平成 13 年度現在)

全対象戸数	水道加入	取出口のみ設置	未加入	加入率
33 戸 ¹	10 戸	19 戸	4 戸	30% ²

(注)

1：平成 13 年度工期分のみを対象戸数

2：地区の全体計画における全対象戸数 (98 戸) に対する加入率は 10%

表 4-1-35 (2) 水道加入状況 (善浪・鳩岡平地区、平成 13 年度現在)

全対象戸数	水道加入	取出口のみ設置	未加入	加入率
112 戸	102 戸	9 戸	1 戸	91%

(注) 善浪地区は平成 7 年度、鳩岡平地区は平成 2 年度に、水道管敷設済み

表 4-1-35 (3) 水道加入状況 (大久木地区、平成 13 年度現在)

全対象戸数	水道加入	取出口のみ設置	未加入	加入率
19 戸	15 戸	1 戸	3 戸	79%

(注) 平成 2 年度に、水道管敷設済み

4) 水質モニタリング結果

平成 13 年度の調査によると月毎の硝酸性窒素濃度変化が見られなかったことから、年 1 回の水質調査を実施しているが、ほとんど変化がない状況である (平成 15 年度実施分)。

(6) 課題

1) 負荷低減対策について

農業従事者が過剰な施肥により、自らの使用している井戸水が環境基準を超過して硝酸性窒素により汚濁されていることは認識している。にも拘わらず、農作物の品質減作等を危惧するあまり、これまでの経験から得た施肥量を農地に投入する傾向があり、減肥指導の難しさがあった。汚染原因が健康影響を被る可能性があり、工場由来の環境汚染とは異なる側面が施肥由来の硝酸汚染に内在している。

2) 飲用水対策について

乳幼児等がいる世帯は別として、特に長年井戸水を飲用している高齢者のみの世帯を中心に、これまで健康被害がないことから硝酸性窒素に対する認識は希薄であり、上水道接続に係る費用負担も少なくないことから上水道への切替には積極的でない世帯もあった。

4.2 静岡県

(1) はじめに

昭和 58 年頃から水道水源における硝酸性窒素が水道水質基準（10mg/L）を上回るようになった静岡県清水市（現在は静岡市、以下同じ）広瀬地区の旧簡易水道水源を調査対象として選び、地下水の水質保全を推進するため、硝酸性窒素による汚染機構解明の調査を実施するとともに、汚染の低減計画の策定を行うことを目的とした。調査概要を図 4-2-1 に示す。

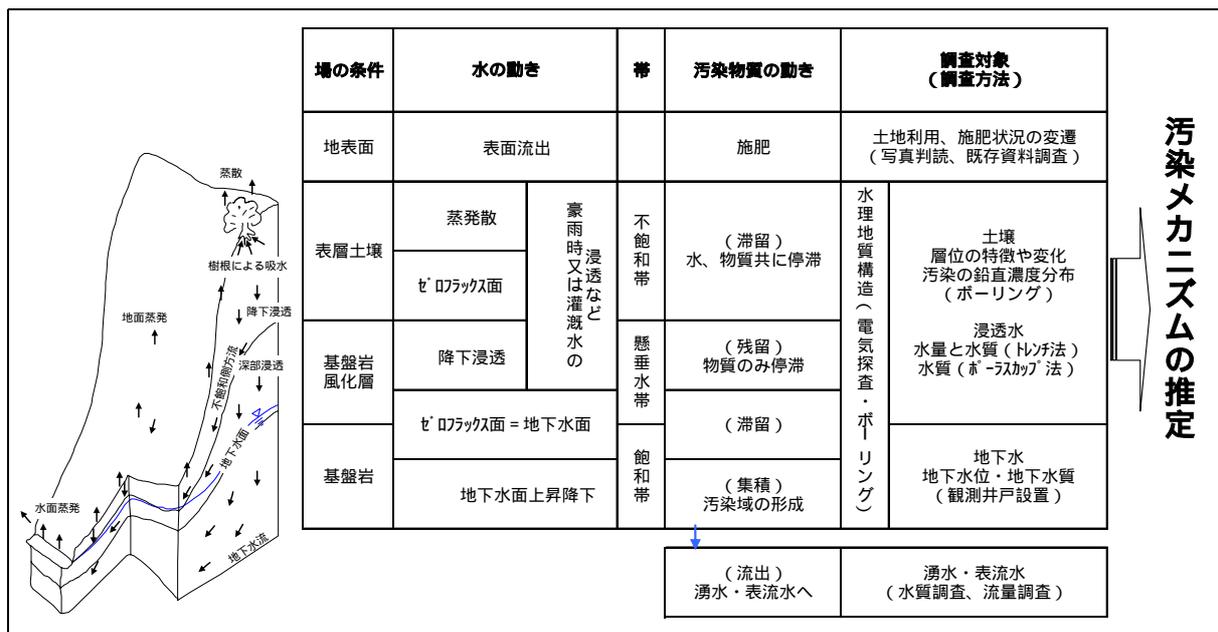


図 4-2-1 調査概要

調査対象地域は図 4-2-2 に示す静岡県清水市広瀬地区で、清水市街から北北東約 5 km に位置する。図 4-2-3 に調査地点位置図を、表 4-2-1 に地点状況を示す。対象地域は北側を青木沢、南側を長尾沢に挟まれた尾根部にあたり、標高約 50m から 400m の範囲で、総面積は約 36.5ha になる。その内訳は尾根部の平坦面に広がる茶畑が 8.2ha (22.5%)、斜面に広がるみかん畑が 3.8ha (10.4%)、その他裸地・草地・林地が 24.5ha (67.1%) となっている。2 地点（標高約 150m）にある湧水は、かつて広瀬地区の水道水源として利用されていたが、上流域の茶畑やみかん畑等での施肥の影響を受け硝酸性窒素濃度が水道水質基準を超過するようになった。現在、湧水は農業用水・雑用水に利用され、飲用水等生活用水は市上水道を利用している。



図 4-2-2 調査地案内図



図 4-2-3 調査地点詳細位置図

表 4-2-1 調査地点状況

	区分	流量 L/分	NO ₃ -N mg/L	調査地点状況
1	表流水	6.8	2.1	長尾沢の表流水。採水地点は 2 湧水の流路合流点の直上部。流域は調査対象地の南側。流域の一部に茶畑が分布している。硝酸性窒素濃度は低い。
2	湧水	56.2	13.0	湧水。広瀬地区の旧簡易水道水源。現在は農業用水、雑用水に利用されている。本調査での主要観測地点。
3	湧水	8.6	8.7	青木沢最上流部の東側斜面下部より湧出。東側斜面の直上部は調査対象地の尾根部にあたり茶畑が広がっている。
4	表流水	6.1	3.0	青木沢の源流部。流域には針葉樹林が広がる。茶畑はない。硝酸性窒素濃度は低い。
5	湧水	1.2	6.8	3 に同じ。
6	表流水	27.0	13.0	青木沢の表流水。本調査での主要観測地点。
7	表流水		8.6	長尾沢の最下流部。
8	表流水		12.0	青木沢の最下流部。長尾沢に比べ硝酸性窒素濃度が高い。流域の大部分が調査対象地に含まれ、尾根部に茶畑が広がっている。

注：流量、No 3 -N 濃度は平成 12 年 2 月測定。

現地において以下の調査を実施し汚染メカニズムを推定した。

既存資料調査、空中写真判読：土地利用、湧水質、施肥状況の変遷を把握

地形地質踏査、水質調査、ボーリング調査：地下水汚染機構の解明

土壌浸透水調査：施肥と土壌浸透水質の時空間分布の関係把握

窒素負荷量の推定、施肥実態ヒアリング調査：窒素負荷量の把握

雨量観測、流量・水質調査：水収支・窒素収支の把握、減肥対策のモニタリング



図 4-2-4 尾根部平坦面に広がる茶畑



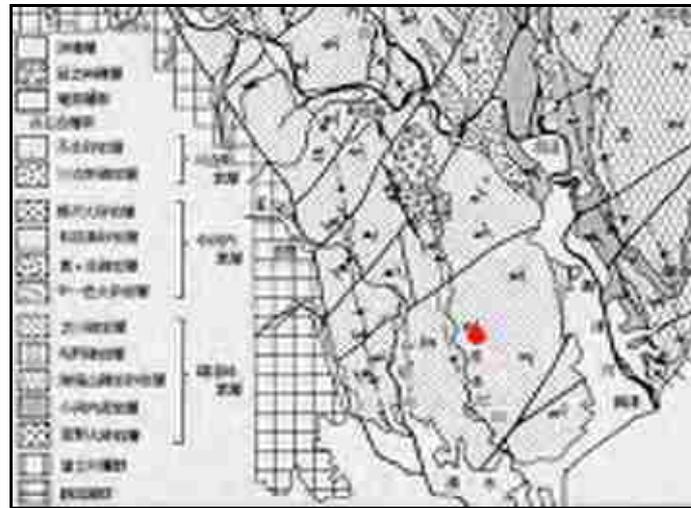
図 4-2-5 斜面に分布するみかん畑

(2) 調査地域の概況

1) 地形・地質

調査対象地の踏査の結果、調査対象地内の山地斜面（標高 50～400m）は第三紀鮮新世の海成層、浜石岳層群の砂岩・泥岩の互層からなり（図 4-2-6）、地質構造は西向きに約 20 度で一様に傾斜した構造になっている。2 地点（標高約 150m）にある湧水や青木沢の上流部にある湧水（3～5 地点）付近の露頭では、上位からクラ

ツクの発達した砂岩層、半固結のシルト層、塊状の砂岩層といった層相を示しており、湧水はシルト層の上位より湧出している状況が観察された。このシルト層は尾根部の露頭（標高約 320m）でも確認されており、調査地全体に連続的に分布していると考えられる。



●：清水市広瀬地区

図 4-2-6 地質図（地学団体研究所専報/40）

2) 土地利用、湧水質、施肥基準の変遷

調査対象地尾根部の茶畑やみかん畑等での施肥の影響で、2 湧水の硝酸性窒素濃度が水道水質基準を超過するようになった経緯から、土地利用と湧水質の変遷の関係をみるため、調査対象地を含む年代別の空中写真を使い土地利用について判読をした。

図 4-2-7 に年代別の空中写真、図 4-2-8 に土地利用判読図、図 4-2-9 の上段に土地利用別面積（割合）の変遷を示す。昭和 55 年頃までは茶畑がほとんどなく、みかん畑中心の土地利用で全体の 3 割強のみかん畑が占めていた。ところが、昭和 50 年代後半にみかん畑から茶畑へ土地利用転換が進み、現在（平成 9 年）では茶畑が 2 割強、みかん畑が 1 割、残り 7 割弱が裸地・草地・林地となっている。

湧水の硝酸性窒素濃度は（図 4-2-9 の中段）昭和 58 年頃から 10mg/L を超過するようになり、平成 2 年以降には 20mg/L を超過する高濃度が観測されるようになった。この濃度上昇はみかん畑が茶畑に変わった時期に対応しており、施肥量の多い茶畑への土地利用転換の影響が湧水質に現れていると推定される。平成 12～14 年の本調査結果でも硝酸性窒素濃度は 11～21mg/L で推移し、常に環境基準を超過している状況にある。

清水市農協の施肥指導基準は、平成 6 年当時、肥料中の窒素成分量として 110kg/年間/10a であった。その後、平成 9 年に農林水産省より施肥の適正化に関する通達があったことを受け、平成 11 年に静岡県の施肥基準が窒素成分量で 66kg/年間/10a 以下に改訂された（多収園では、目標収量 2,700kg/10a、普通園では 54kg/年間/10a）。この指導を契機に、平成 14 年 3 月には県の施肥基準が 54kg/年間/10a に改定されたことより、平成 15 年には平成 6 年の半分の約 55kg/年間/10a まで減肥対策が進んでいる。

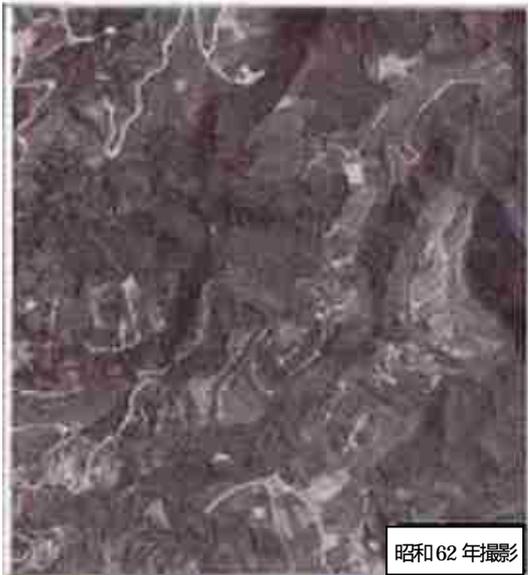
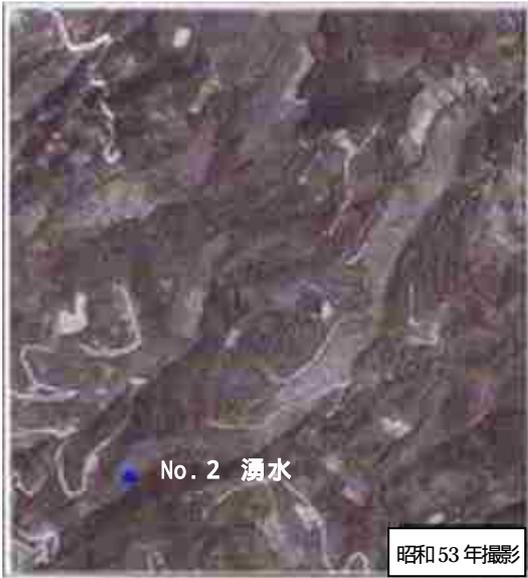


图 4-2-7 年代別空中写真

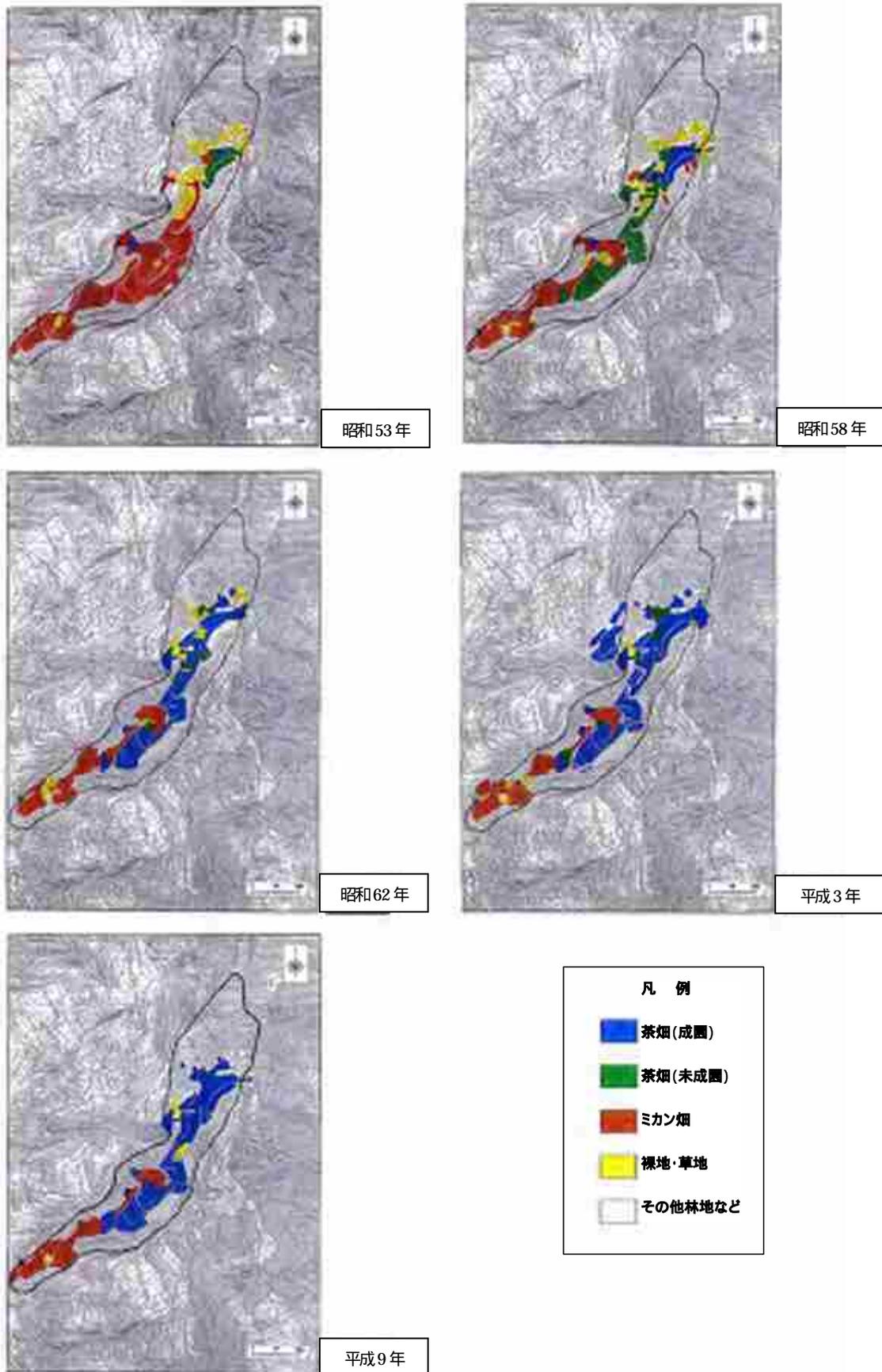


図 4-2-8 年代別土地利用判読図

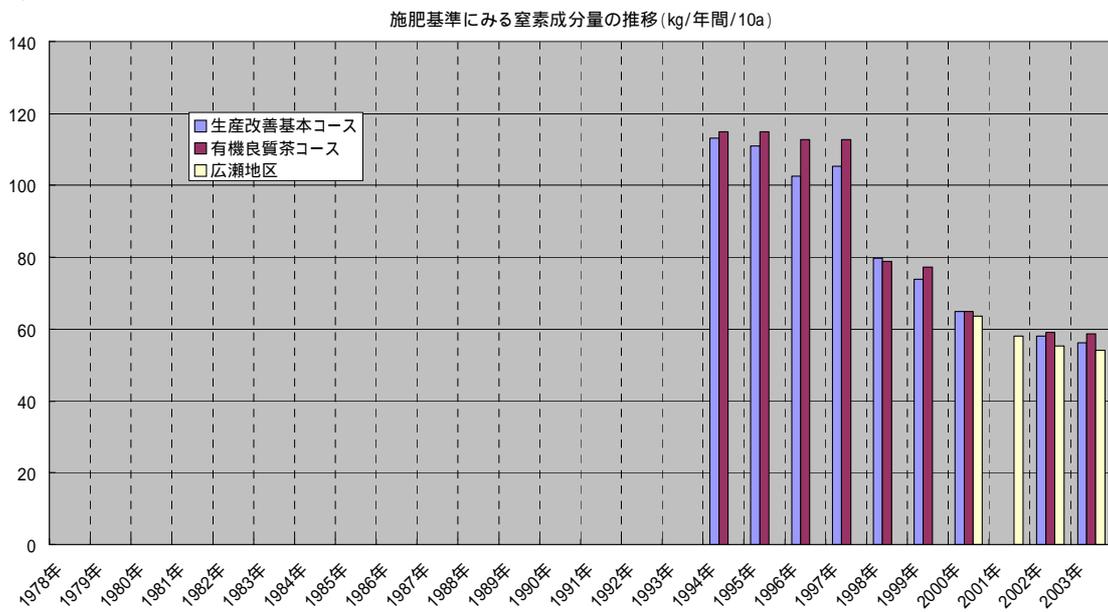
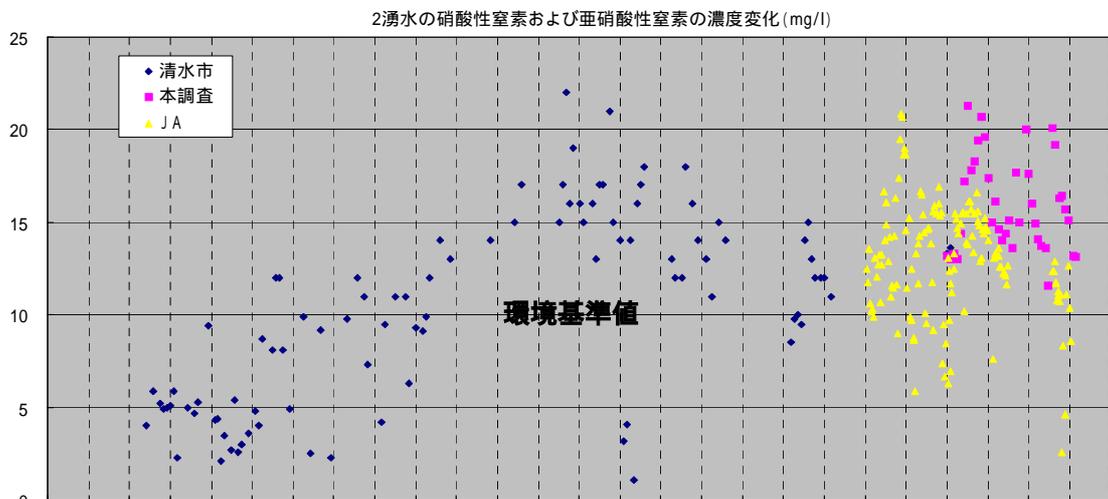
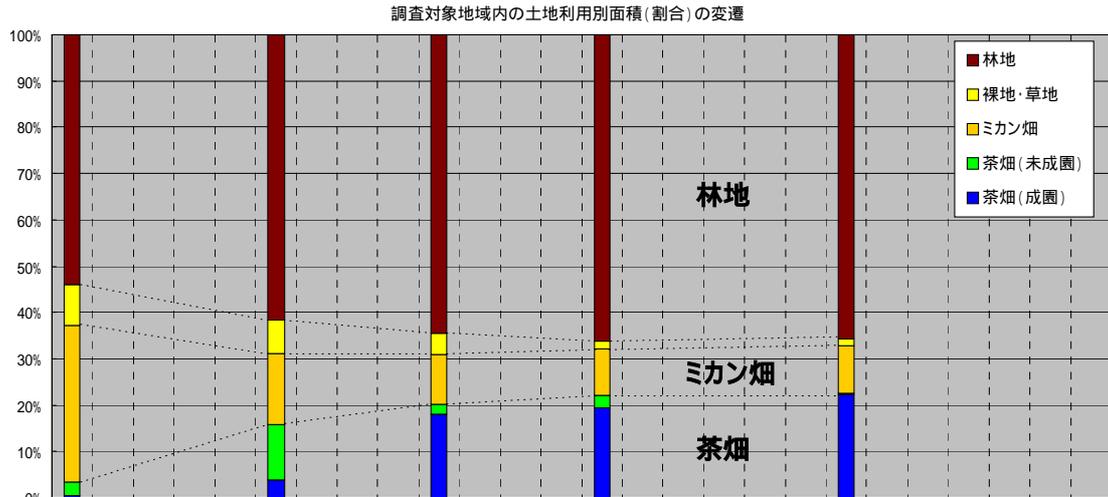


図 4-2-9 土地利用、2 湧水質及び茶園施肥基準の変遷

(3) 地下水汚染機構解明調査

調査対象地における地下水の汚染機構を解明するために、

- 1) 湧水・表流水水質調査
 - 2) 窒素安定同位体分析
 - 3) 電気探査・ボーリング調査
 - 4) 土壌浸透水調査
- を実施した。

1) 湧水・表流水水質調査

調査対象地の湧水・表流水を8地点で採水し、窒素成分及び主要イオン成分を分析した。ヘキサダイアグラムによる図形解析手法により、2つのパターンに分類した(図4-2-10)。

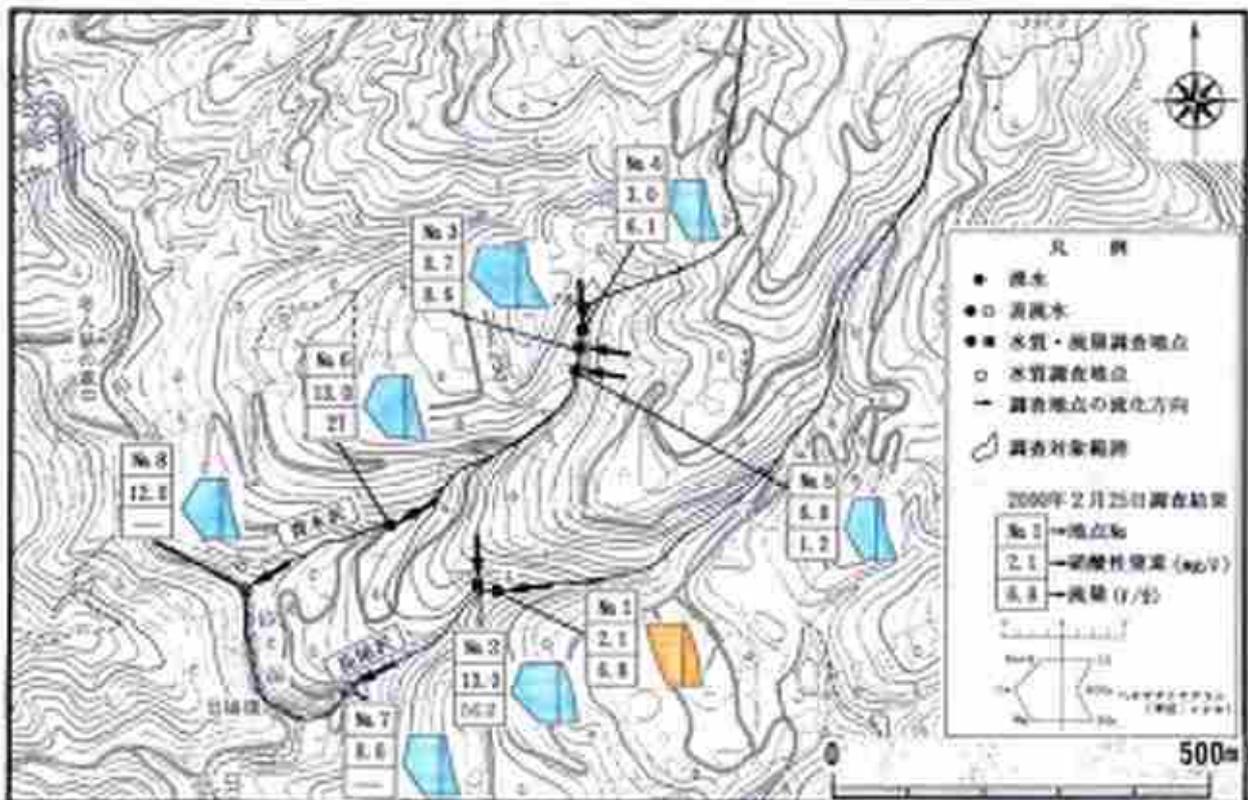


図 4-2-10 ヘキサダイアグラムによる湧水・表流水の主要イオン成分分析結果

2パターンの水質組成の差は、地表地質調査結果から明らかになった地質構造(特に湧水地の基盤に見られるシルト層の分布)と各サンプリング地点上流の集水域の土地利用(特に茶畑の面積割合)に規定されていることが推定された。

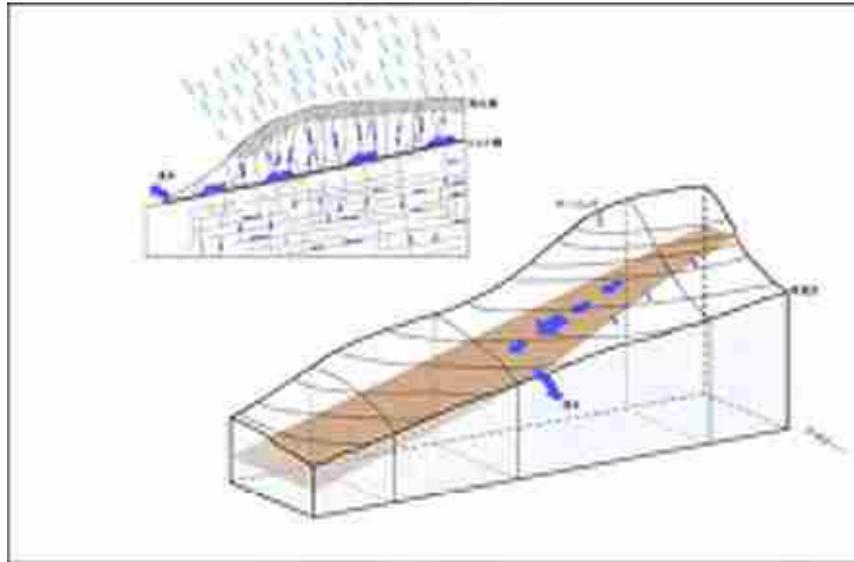


図 4-2-11 地下水涵養・流動機構及び湧水湧出機構の推定図

1 地点（長尾沢）は、シルト層より下位に位置し、集水域は、茶畑の少ない地域となっているため、茶畑からの浸透水等はほとんどなく、硝酸性窒素濃度が低い（グループ）。一方、2・3・5・6 地点はシルト層より上位に位置し、集水域には茶畑が多いため硝酸性窒素濃度が高い（グループ）。水質パターンや硝酸性窒素濃度の違いから、茶畑に浸透した雨水が地下水面まで到達し、シルト層の上面を經由して湧水として流出する機構が推定される（図 4-2-11）。

また、グループの主要イオン成分の特徴は、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 成分が相対的に多く（図 4-2-10 ヘキサダイアグラム）、 Ca^{2+} と Mg^{2+} 、 K^+ と SO_4^{2-} の値の相関性が高い（表 4-2-2 濃度相関マトリクス）。これは調査地点の集水域にある茶畑において、窒素等化成肥料とともに硫酸や硫酸成分を含む配合肥料、土壌酸性化を防止する目的でカルシウムやマグネシウムを主成分とする苦土石灰等の土壌改良材が散布されていることによると考えられる。

表 4-2-2 グループの水質分析結果による濃度相関マトリクス（データ数：7）

	pH	EC	T-N	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	Do	SiO_2	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}
temp	0.20	0.15	0.13	0.84	0.11	0.15	0.48	0.56	-0.17	0.14	0.17	-0.27	0.79	-0.40
pH		0.71	0.66	0.11	0.64	-0.38	0.72	0.04	0.38	0.73	0.45	0.69	0.25	0.19
EC			0.91	-0.03	0.90	-0.24	0.75	0.15	0.51	0.98	0.90	0.83	0.37	0.39
T-N				-0.07	1.00	-0.12	0.71	-0.21	0.16	0.82	0.68	0.70	0.17	0.04
$\text{NH}_4\text{-N}$					-0.10	0.15	0.09	0.55	-0.18	-0.02	0.07	-0.46	0.74	-0.34
$\text{NO}_3\text{-N}$						-0.13	0.69	-0.22	0.16	0.81	0.68	0.70	0.14	0.05
Do							0.01	-0.13	-0.55	-0.37	-0.29	-0.51	0.27	-0.58
SiO_2								0.21	0.21	0.71	0.54	0.57	0.53	0.03
Na^+									0.55	0.28	0.47	0.00	0.79	0.44
K^+										0.67	0.68	0.72	0.20	0.91
Ca^{2+}											0.92	0.87	0.39	0.53
Mg^{2+}												0.71	0.51	0.60
Cl^-													-0.04	0.65
HCO_3^-														0.03

2) 窒素安定同位体分析

湧水・表流水の水質分析結果から硝酸性窒素等の上昇は、茶畑等での施肥による影響が推察されたが、この結果を検証するために窒素安定同位体比法による分析を茶畑の土壌、1 表流水（長尾沢）及び 2 湧水の3試料を対象に実施した。

窒素安定同位体比法の分析結果を表 4-2-3 に示す。今回の分析値は、畑地耕土や農地の地下水の一般的な範囲（+2 ~ 8 ‰程度）に入っている。つぎに、茶畑の土壌と 2 湧水の分析値がほぼ同程度の値を示していることから、集水域尾根部にある茶園での施肥の直接的な影響が 2 湧水に出ていること（茶畑起源の窒素成分による汚染）が推定される。また、1 表流水（長尾沢）と 2 湧水の分析値が異なることは、両地点の集水域や雨水の涵養流出機構が異なることを示唆している（図 4-2-11）。

表 4-2-3 窒素安定同位体比法による分析結果

試料採取地点	^{15}N 値 (‰)
茶畑の土壌(地表面下約 1m)	4.7
1 表流水 (長尾沢)	7.9
2 湧水	4.9

3) 電気探査・ボーリング調査

調査対象地の水理地質構造、特に表層土（風化帯）の厚さ及び基盤岩の形状を調査し、地下水の涵養・集水構造を明らかにする目的で電気探査・ボーリング調査を実施した。また、ボーリングコア試料を観察・分析し、層相変化や窒素濃度の鉛直分布を明らかにした。

電気探査の結果、尾根部の茶畑では地表部から砂岩・礫岩の強風化層が約 20m、風化砂岩・礫岩の互層が 20m 以深に分布することが明らかになった（図 4-2-11）。茶畑のうね間で実施した深度 10m のボーリングコア写真（図 4-2-13）をみると、地表面から約 2 m までが畑地土壌層、2 m 以深は砂岩・礫岩を母岩とする強風化層が 10m まで続く。この強風化層は透水性が良いものと考えられる。また、茶樹の毛根は約 1.1m 付近まで観察された。



図 4-2-12 ボーリング調査



図 4-2-13 ボーリングコア写真

ボーリングコア分析結果（図 4-2-14）によると、pH は 3 m 付近までは 4 ~ 4.5 と強酸性を示し、4 m 以深では 5.8 ~ 6.4 であった。その他の項目は地表面で高い値を示し、いったん低下するが 1 m 前後で最大値を示した。1 m 以深では漸減傾向を示し、4 m より深部ではほぼ一定の値で推移する特徴が確認された。

地表面に浸透した降雨は、図 4-2-11 に示すように強風化層を経由し涵養され、風化砂岩・礫岩の互層の割れ目や節理中に賦存・流動し、湧水として流出していると推定される。

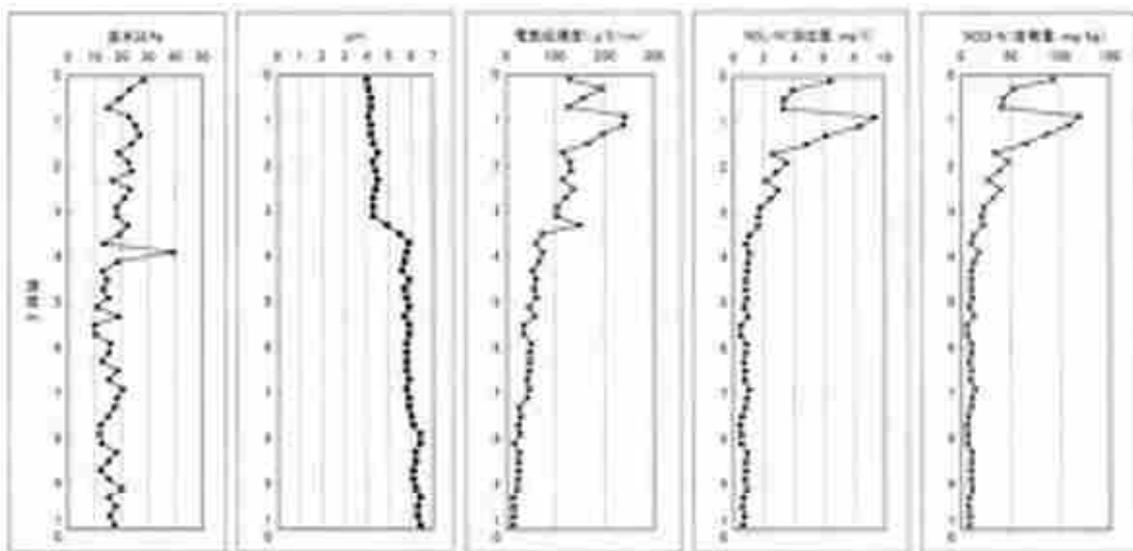


図 4-2-14 ボーリングコアの窒素成分等分析結果

4) 土壌浸透水調査

調査対象地の茶畑において、土壌浸透水に含まれる窒素成分の季節変化を把握するために、ポラスカップ法により土壌浸透水を採水・分析した。調査地点は、図 4-2-3 の 印、図 4-2-15 の詳細地点位置を示す空中写真上の 印で行った。

調査地点の選定は、調査対象地内にある茶畑は全て経営農地であるため、調査に

協力いただける茶園で農作業に支障のない形で調査器具を設置できる場所を選定した。調査は、2地点で各5深度(0.2、0.4、0.9、1.4、2.0m)について、毎月1回行った(平成12年4月~平成15年2月の35ヶ月間)。分析項目は窒素成分及びpHとした。深度0.2m及び2.0mについては平成13年8月から採水・分析を開始した。

ポラスカップは図4-2-16に示すように茶畑のうね間中央に設置した。検土杖で該当深度まで穿孔した後、ポラスカップを挿入し、茶樹の株元に三角フラスコを置き活栓と採水チューブを接続した。現場ではバッテリー式の真空ポンプで三角フラスコ内を吸引減圧し、約1ヶ月間放置した後、フラスコ内にたまった水を分析した。

図4-2-16に示すようにポラスカップを設置した茶畑のうね間は約30cm、茶樹は幅約150cm、茶の根茎は深さ約1mまで及んでいる。調査地の茶園の施肥は、うね間に施用され、施用後の耕起は行われていない。平成14年の施肥実績で10a当たりの窒素分量は55.3kgであった。実際、肥料はうね間の30cmに施用されるので、施肥面積は10aの6分の1、約1.7aに55.3kgが施肥されていることになり、うね間の窒素負荷量が特に多いことがわかる。



図 4-2-15 土壤浸透水の採取地点位置図

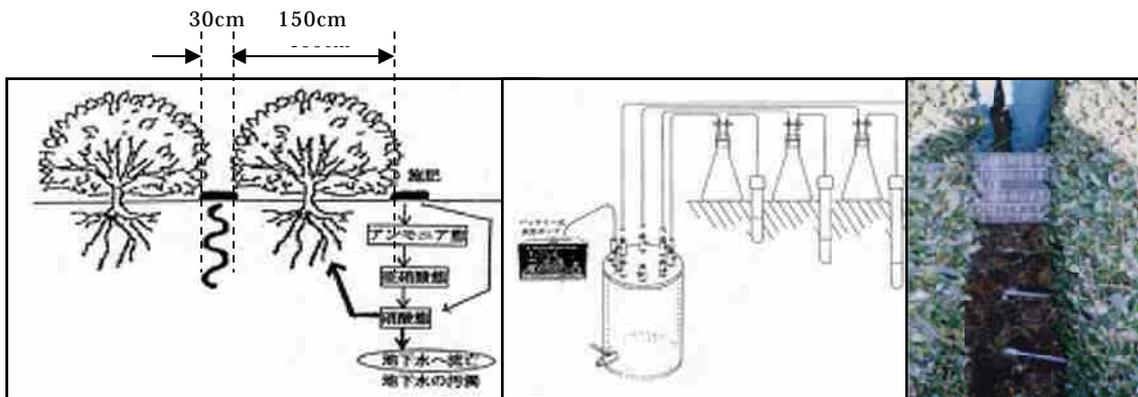


図 4-2-16 茶園施肥のイメージ図と土壌浸透水採取システム

分析結果の時系列・深度別の水質濃度分布図を図 4-2-17～図 4-2-18 に示す。図は上段から、調査地区の日降水量、水質濃度分布（pH、有機態窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素）、原地区の平均地温（清水市農協測定）を示した。

水質濃度分布図は横軸に時間軸を、縦軸に深度軸をとり、土壌浸透水の採取日・深度に該当するデータをプロットし、濃度コンターを図示した。

また、調査地茶畑への施肥の時期を図上に矢印で示した。調査期間中の施肥回数は、平成 12 年は黒丸数字の 5 回、平成 13 年は赤丸数字の 8 回、平成 14 年は青丸数字の 7 回、平成 15 年は緑丸数字の 1 回の合計 21 回であった。各濃度分布図より以下の特徴が判明した。

水質濃度分布は約 1 ヶ月の採取日間に採水された土壌浸透水の平均濃度を示しているが、その濃度は、地表部での施肥による窒素負荷量、降水量及び土壌水分状況で濃度分布が決定される。

2 地点の濃度分布図から、項目毎の濃度範囲や濃度分布は類似しているが、濃度レベルに若干の違いがみられる。これは、地表部での施肥による窒素負荷量のばらつきあるいは土壌条件のちがいによるものと考えられる。

サンプリング開始当初、アンモニア態窒素及び硝酸態窒素濃度が高い値を示しているが、ポラスカップ設置時の攪乱の影響が出ていると考えられる。これは、ポラスカップの径より若干大きい径で穿孔してから設置するため孔壁とポラスカップ間の間隙が大きく地表部の濃い水がポラスカップ設置深度に到達しやすい状況で濃度が高くなるためであり、時間とともに土圧でポラスカップと孔壁の密着度が高まり該当深度での浸透水が安定して採水されるようになったものと推測する。

ポラスカップ法による調査において、深度 0.2m 及び 2.0m は平成 13 年 8 月から調査を開始しているが、これにより、次のような土壌浸透水の水質分布が新たに明らかになった。

- ・ 深度 0.2m を調査することによって、地表面に近いところで、pH は 3 ～ 4 の範囲を示し、地表面ほど強酸性であることがわかった。

- ・有機態窒素の高濃度は、夏肥、秋肥後に現れ、その深度は 40cm までに限られる。また、深層部ほど濃度が低くなる傾向を示している。
- ・アンモニア態窒素は、施肥後に高濃度部が現れ、その深度は 20cm までのごく浅い部分に限られる。
- ・硝酸性窒素は、有機態あるいはアンモニア態の形で施用された肥料が、地表部のごく浅いところで微生物分解や硝化の過程を経て、硝酸性窒素に変わっていることがうかがえる。また、深層部ほど濃度が低くなる傾向を示している。ただし、深度 2.0m でも 50mg/L 以上の高濃度の土壌浸透水の存在が確認されていることから、植物の栄養素として使われずに窒素成分が流亡していると考えられる。図中、濃度の濃い部分の出現が深部ほど遅れて出てくる傾向がみられる。

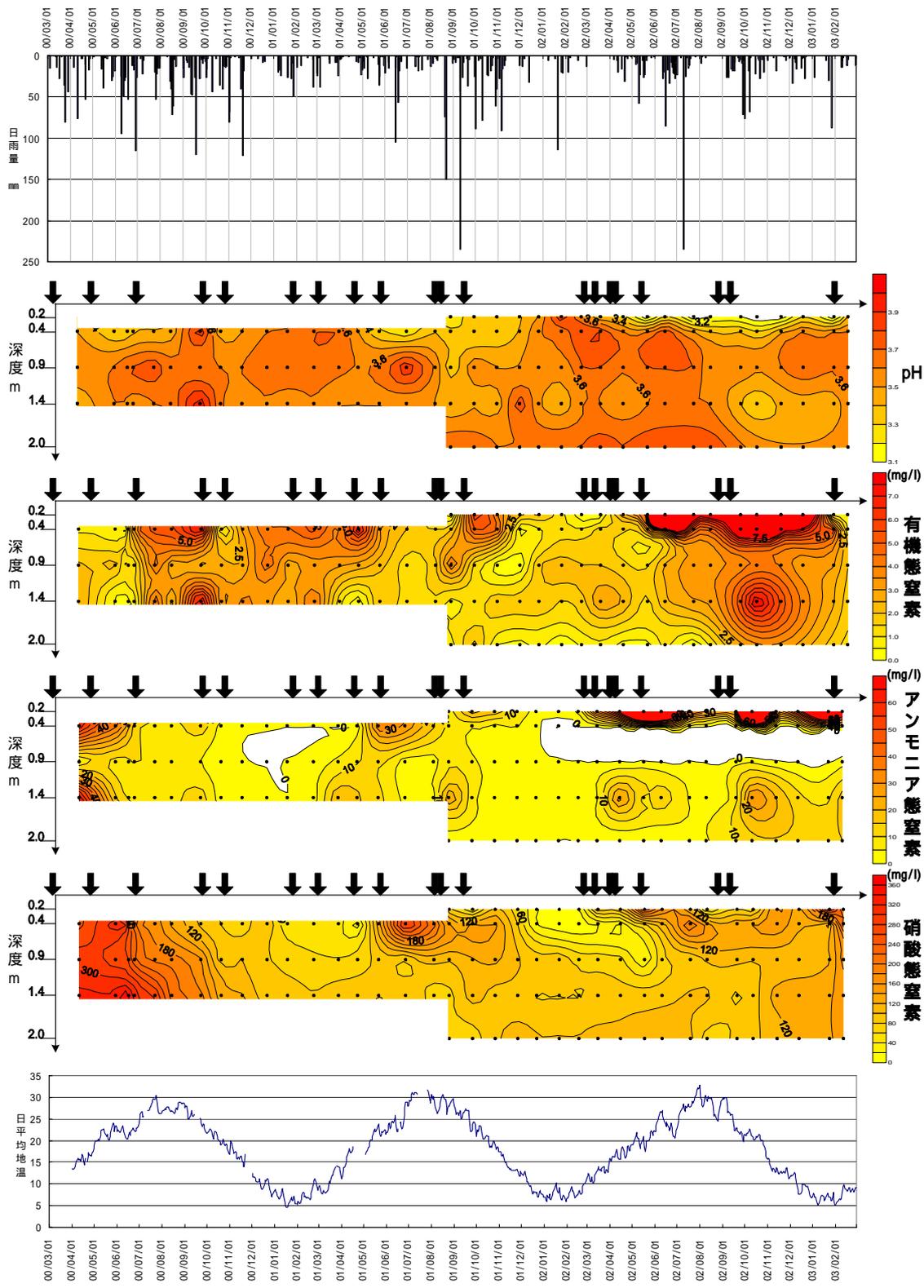


図 4-2-17 土壤浸透水の時系列・深度別の水質濃度分布図（ホーラスカップ 1 地点）
 （丸数字と矢印は施肥のタイミングを示す。日平均地温データは J A 提供。）

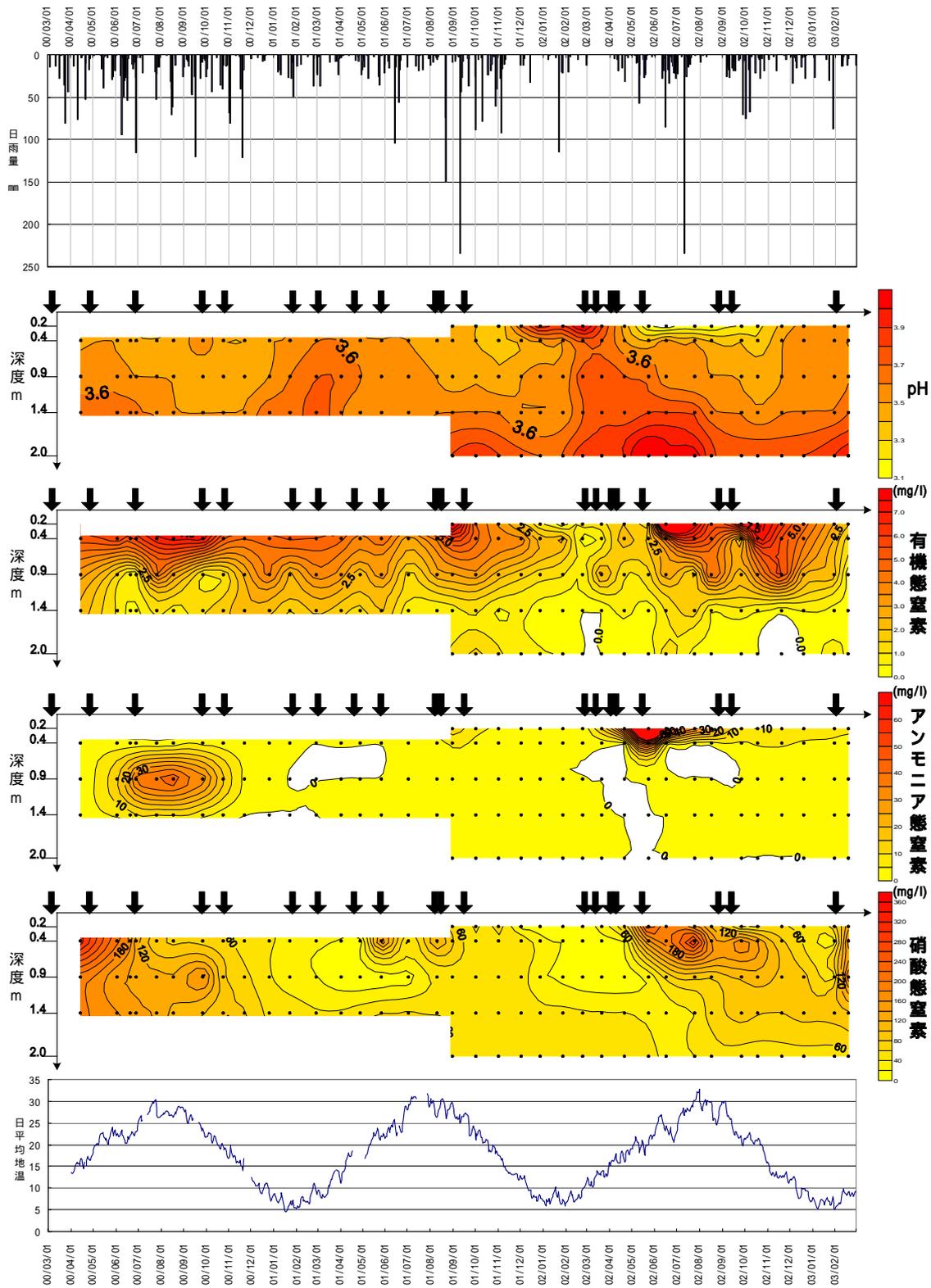


図 4-2-18 土壌浸透水の時系列・深度別の水質濃度分布図（ホーラスカップ 2 地点）
 （丸数字と矢印は施肥のタイミングを示す。日平均地温データは J A 提供。）

(4) 窒素負荷量の把握

調査対象地域における窒素は、1) 施肥により供給される窒素、2) 降水により供給される窒素に大別される。ここでは、窒素負荷量を算定する範囲を設定し、集水域内の土地利用別面積を測定することにより、各負荷原因から1年間に土壌へ供給される窒素量を推定した。

窒素負荷量を算定する範囲の設定

水収支・窒素収支を考察する範囲と同じ設定とするために、2湧水と6表流水の調査地点を下流部とする集水域とした。その範囲は、図4-2-19の赤線で示しており、面積は16.3haになる。ここで集水域の境界の決定は次のようにした。

- 1) 集水域の最高標高地点(図4-2-19中の「A地点」)から2に至る南西側の境界は、地表地質調査の結果確認されたシルト層の予想露頭線(シルト層の傾きから地表面に現れる場合どこに出現するか想定したライン)とした。
- 2) 1)以外の境界は地形標高から判断して分水界を引き決定した。

集水域内の土地利用別面積の測定

施肥により供給される窒素量を算定するため、写真判読図(図4-2-8)を面積測定し、作物別の土地利用面積を求めた。

表 4-2-4 集水域内の土地利用別面積

土地利用	面積 (m ²)	面積割合 (%)
茶畑	42,353	26.0
みかん畑	24,398	15.0
裸地	1,756	1.1
林地	94,193	57.9
合計	162,700	100.0

1) 施肥により供給される窒素量の算定

作物別の年間施肥量と土地利用面積との積から集水域の窒素負荷量を求めた。ここでは茶畑とみかん畑について算定した。

ア) 茶畑

調査地域で茶園の経営農家でのヒアリングによると、調査期間中の施肥の実態は表4-2-5～表4-2-7のようになった。年別窒素施用量は下記のとおりであった。

平成12年：63.8kg/10a/年間で、年間の窒素負荷量は2,702kg(100とすると)

平成13年：58.0kg/10a/年間で、年間の窒素負荷量は2,457kg(92)

平成 14 年：55.3kg/10a/年間で、年間の窒素負荷量は 2,344kg (87)

平成 12 年を 100 とすると、平成 13 年は 92、平成 14 年は 87 と年々減肥対策が進められていることがわかる。平成 12～14 年の施肥実績から季節変化をみると、一番茶摘採までに（ 寒肥～ 芽だし肥 ）年間の窒素負荷量の 51～64%が施用されていることになる。

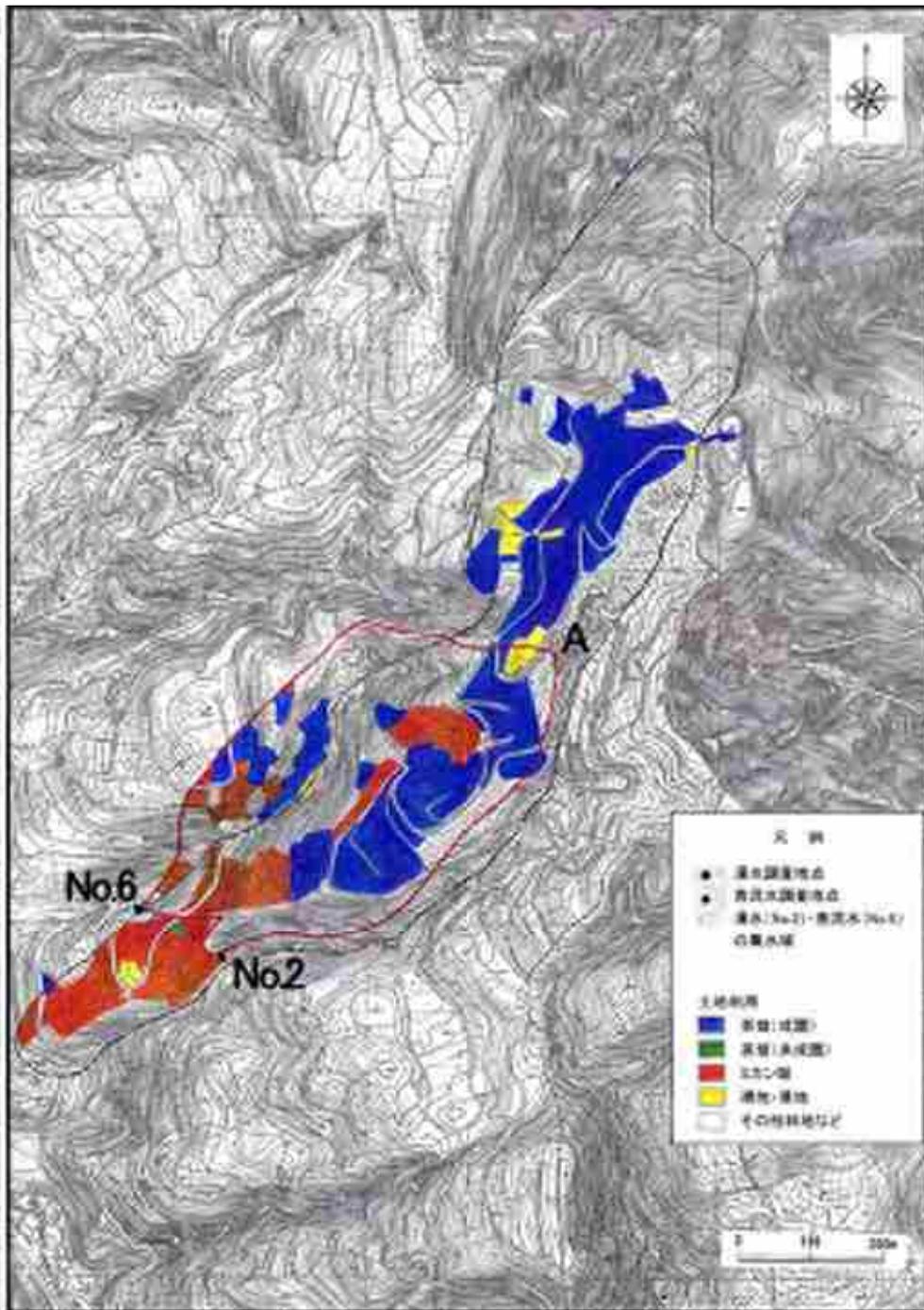


図 4-2-19 湧水・表流水調査地点の集水域と土地利用状況

表 4-2-5 平成 12 年の茶園施肥についてのヒアリング結果

施肥名	時期	肥料名	施肥量	表示成分量	10a 当たり成分量(kg)				窒素負荷量 × 42.4(kg)
					N	P	K	Mg	
寒肥	1 月下旬	ほんみどり	3 袋	24-4-6	14.4	2.4	3.6		610
春肥	2 月下旬	茶配春肥 1 号	6 袋	7-3-6	8.4	3.6	7.2	1.2	356
春肥	3 月上旬	芽のび	3 袋	15-3-5	9.0	1.8	3.0	1.2	381
芽だし肥	4 月下旬	あさひ V ポーラス	2 袋	16-7-12	6.4	2.8	4.8		271
夏肥	6 月下旬	腐植有機さすけ	4 袋	11-2-4	8.8	1.6	3.2	2.4	373
秋肥	9 月下旬	茶配秋肥 1 号	6 袋	7-3-8	8.4	3.6	9.6		356
秋肥	10 月下旬	茶配秋肥 1 号	6 袋	7-3-8	8.4	3.6	9.6		356
年間合計			30 袋		63.8	19.4	41.0	4.8	2,702

表 4-2-6 平成 13 年の茶園施肥についてのヒアリング結果

施肥名	時期	肥料名	施肥量	表示成分量	10a 当たり成分量(kg)				窒素負荷量 × 42.4(kg)
					N	P	K	Mg	
土壌改良	1 月下旬	マグ硫安	2 袋	15	6.0			3.2	254
春肥	1 月下旬	茶配春肥 1 号	3 袋	7-3-6	4.2	1.8	3.6	0.6	178
春肥	2 月下旬	茶配合いぶき	6 袋	8-2-5	9.6	2.4	6.0		407
芽だし肥	4 月中旬	あさひ V ポーラス	3 袋	16-7-12	9.6	4.2	7.2		407
夏肥	5 月下旬	腐植有機さすけ	4 袋	11-2-4	8.8	1.6	3.2	2.4	373
夏肥	二番茶摘採後	CDU チャニフル	3 袋	13-5-6	7.8	3.0	3.6	1.8	330
秋肥	8 月中旬	茶配合 645	5 袋	6-4-5	6.0	4.0	5.0		254
秋肥	9 月中旬	茶配合 645	5 袋	6-4-5	6.0	4.0	5.0		254
合計			33 袋		58.0	21.0	33.6	8.0	2,457

表 4-2-7 平成 14 年の茶園施肥についてのヒアリング結果

施肥名	時期	肥料名	施肥量	表示成分量	10a 当たり成分量(kg)				窒素負荷量 × 42.4(kg)
					N	P	K	Mg	
土壌改良	3 月上旬	茶配合いぶき	19 袋/45a	8-3-5	6.8	2.5	4.2		286
春肥	3 月中旬	茶配合いぶき	17 袋/45a	8-3-5	6.0	2.3	3.8		256
芽だし肥	4 月上旬	あさひ V ポーラス	16 袋/45a	16-7-12	11.4	5.0	8.5		482
芽だし肥	4 月中旬	硫安	11 袋/45a	23-0-0	11.2				476
夏肥	5 月中旬	腐植有機さすけ	14 袋/45a	11-2-4-3	6.8	1.2	2.5	1.9	290
秋肥	8 月下旬	配合	21 袋/45a	7-3-8	6.5	2.8	7.5		277
秋肥	9 月中旬	秋肥 1 号	21 袋/45a	7-3-8	6.5	2.8	7.5		277
合計					55.3	16.6	34.0	1.9	2,344

注) 窒素負荷量は 10a 当たりの窒素成分量と茶畑の面積 42,353m² の積として求めた。

イ) みかん畑

調査地域でみかん園経営農家でのヒアリングによると、調査期間中の施肥の実態は表 4-2-8 のようになった。窒素施肥量は平成 12～14 年ともに 26kg/10a/年間で、調査地域全体の年間の窒素負荷量は 630kg であった。ほぼ、施肥基準に基づき施用されており、施用量は茶畑の約 4 分の 1 にあたる。

表 4-2-8 平成 12～14 年のみかん園施肥についてのヒアリング結果

施肥名	時期	肥料名	施肥量	表示成分量	10a 当たり成分量(kg)				窒素負荷量 × 24.4(kg)
					N	P	K	M g	
春肥	3 月上旬	柑配 11 号	6 袋	7-6-6	8.4	7.2	7.2		205
夏肥	6 月中旬	ｼﾝﾌﾟﾙ S282	5 袋	12-8-12	12.0	8.0	12.0		293
秋肥	11 月中旬	FTES604	3 袋	9-6-8	5.4	3.6	4.8		132
年間合計			14 袋		25.8	18.8	24.0		630

注) 窒素負荷量は 10a 当たりの窒素成分量とみかん畑の面積 24,398m² の積として求めた。

2) 降雨により供給される窒素量の算定

降雨中の無機態窒素(アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸性窒素の合計)濃度の全国平均値 0.52mg/L(土壌・地下水汚染と対策、平田健正編著、日本環境測定分析協会、平成 8 年)を用いて、集水域の面積(162,700 m²)及び期間降雨量との積から窒素負荷量を求めた。降雨により供給される年間窒素負荷量は、茶畑の施用量の約 7～8%に相当する(表 4-2-9)。

表 4-2-9 降雨による窒素負荷量

期間	期間降雨量	窒素負荷量	茶畑の施用量に対する割合
H12/3～H13/2	2,635mm	223kg	8.3%
H13/3～H14/2	2,096mm	177kg	7.2%
H14/3～H15/2	2,082mm	176kg	7.5%

表 4-2-10 窒素負荷量推定値

期間	茶畑	みかん畑	降雨	合計
H12/3～H13/2	2,575kg (75.1%)	630kg (18.4%)	223kg (6.5%)	3,427kg
H13/3～H14/2	1,618kg (66.7%)	630kg (26.0%)	177kg (7.3%)	2,425kg
H14/3～H15/2	2,344kg (74.4%)	630kg (20.0%)	176kg (5.6%)	3,149kg

(5) 水収支・窒素収支の算定

平成 12 年 3 月～平成 15 年 2 月までの調査・分析結果を踏まえ、調査対象地区における水収支及び窒素収支について算定する。

1) 水収支について

ある一定期間における水収支を考えると、質量の保存則により次式で示される。

$$P = D + E + B$$

ここで、P は降雨量、D は流域からの流出量、E は蒸発散量、B は流域の貯留変化量を示す。

一般的に自然流域において年間水収支を考える場合には、貯留変化量はわずかで、他の収支項目に比べて無視し得るので、 $B = 0$ としても大きな誤差は生じないといわれている。そこで、P, D, E の年間値を P , D , E で示し、 B は他の水収支項目と比較して無視し得るとすれば次のような関係が成り立つ。

$$P = D + E \quad (A)$$

(A) 式において各収支項目については、 P , D はそれぞれ現地水文観測データ、 E は清水市原（清水市農協）の気温データから求めた。

2) 窒素収支について

調査地区における窒素成分の収支を検討する項目として、降水由来の窒素負荷量、肥料由来の窒素負荷量、脱窒・揮散、作物吸収、流下負荷量及びその他が挙げられる。は前出のとおり、については未知数扱いとし、及びは次のとおりとした。

作物吸収

作物別の平均収量中に含まれる窒素成分は、収量 1,800kg/10a の茶園での窒素吸収量約 23kg、収量 4,000kg/10a のみかん園での窒素吸収量約 20kg を原単位（土壌診断の方法と活用、藤原俊太郎他著、農山漁村文化協会、平成 11 年）として推定した。茶、みかんそれぞれの収量は経営農家のヒアリングによった。

流下負荷量

2 湧水・6 表流水の窒素成分濃度及び流量調査結果との積から期間内の窒素流下負荷量を算定した。

その他

その他収支項目として、水収支項目のうち残差分となる表面流出、地下水流出、地下浸透に含まれる窒素成分を、ここではの流下負荷量の平均濃度と水収支項目の残差分の積から算定した。

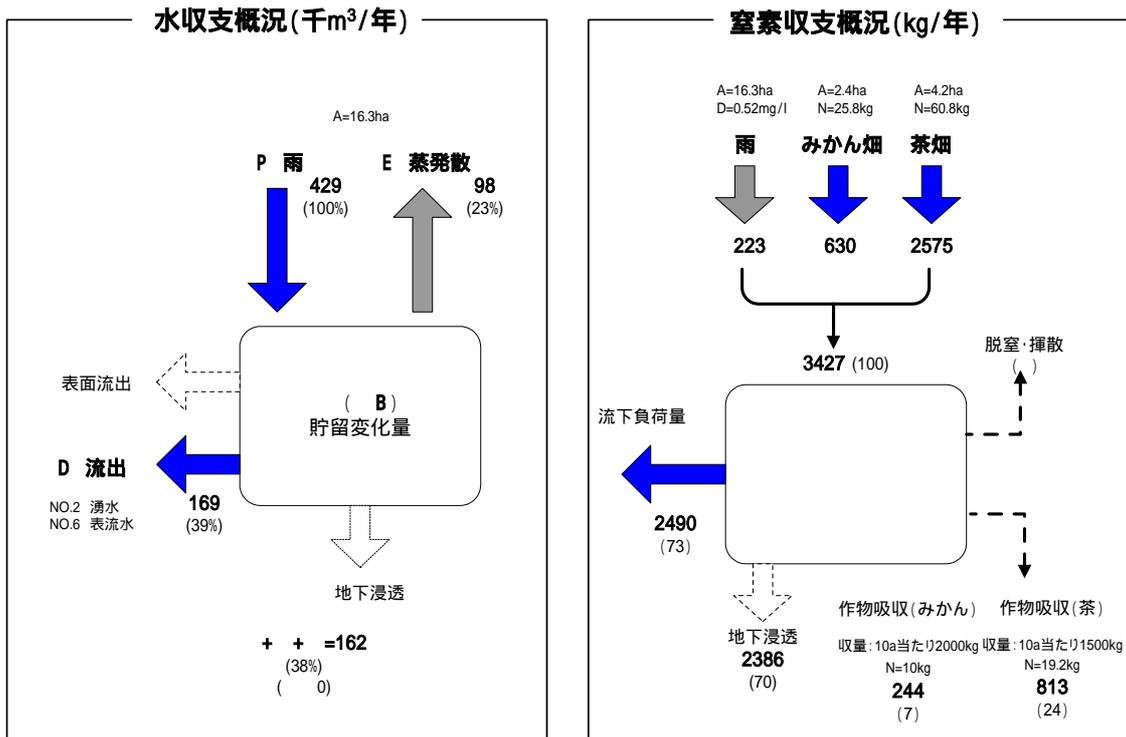


図 4-2-20 (1) 年間水収支・窒素収支概況の経年変化
 (平成 12 年 3 月～平成 13 年 2 月、青矢印は実測又はヒアリングによる。)

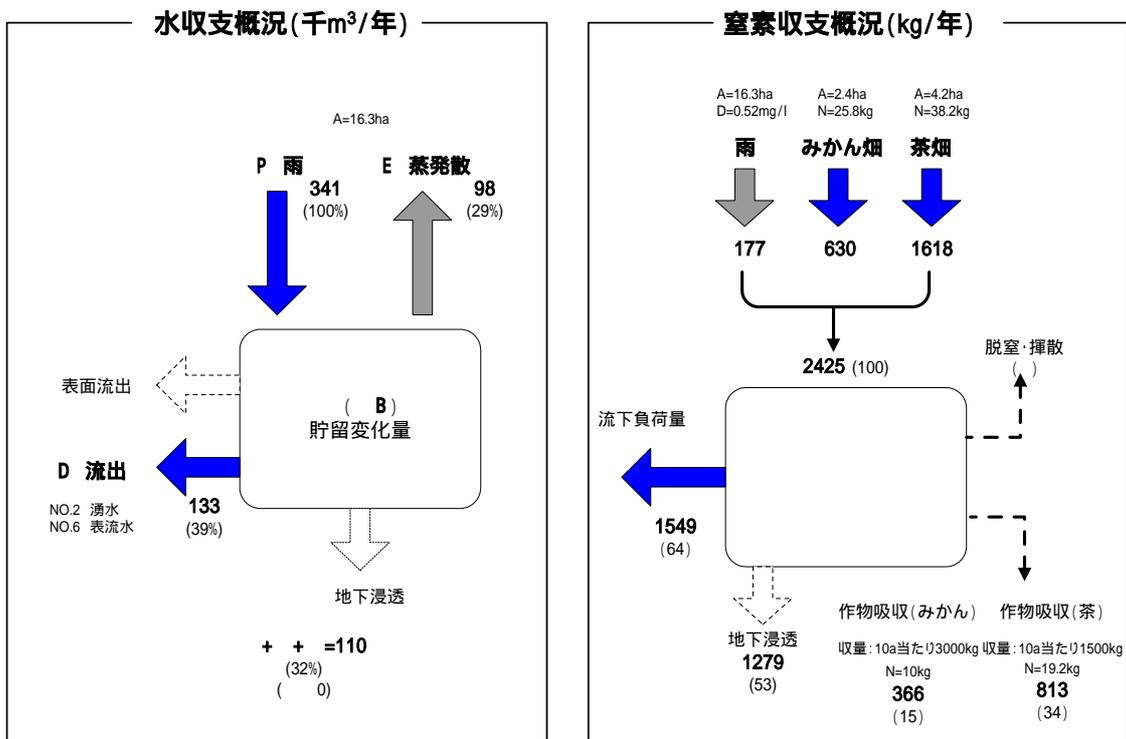


図 4-2-20 (2) 年間水収支・窒素収支概況の経年変化
 (平成 13 年 3 月～平成 14 年 2 月、青矢印は実測又はヒアリングによる。)

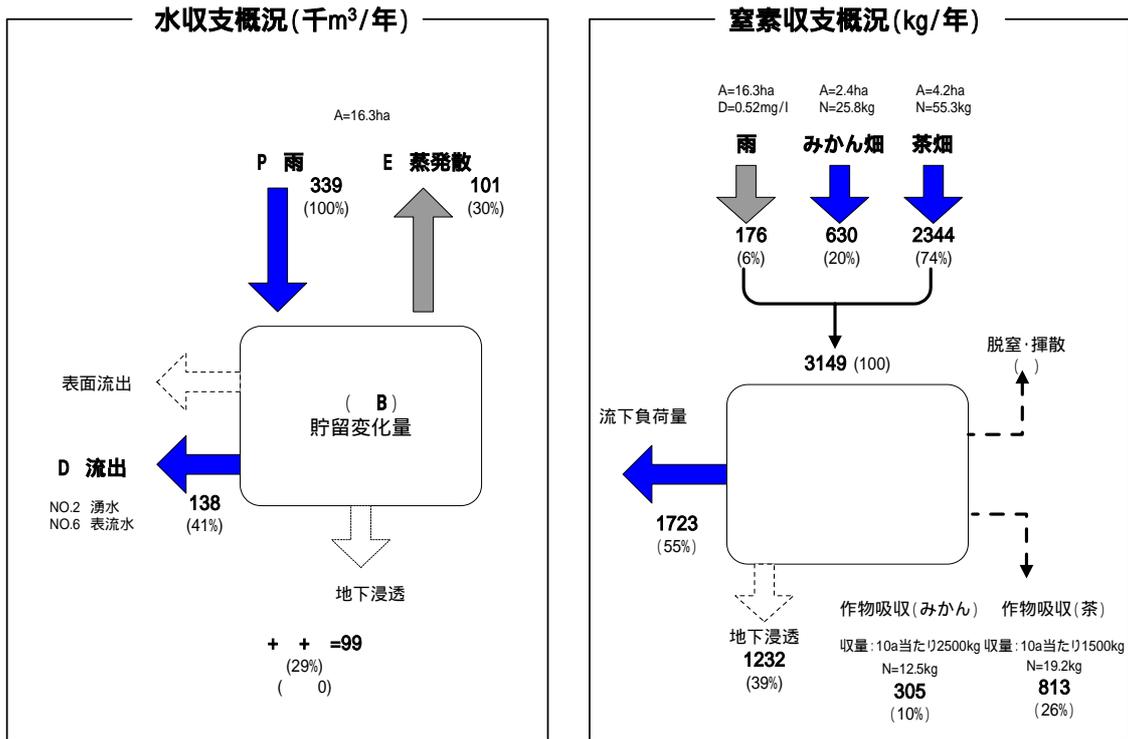


図 4-2-20 (3) 年間水収支・窒素収支概況の経年変化
(平成14年3月～平成15年2月、青矢印は実測又はヒアリングによる。)

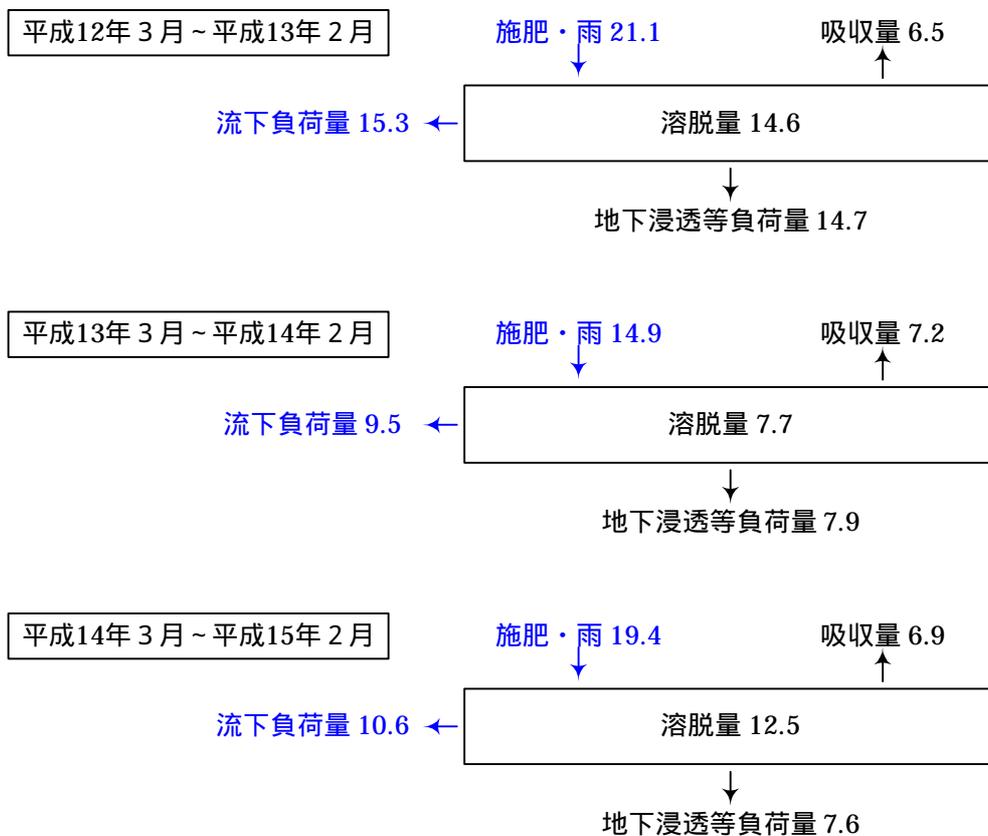


図 4-2-21 単位面積 10a 当りの年間窒素収支概況の経年変化 (単位: kg/年間/10a)
(青数字は実測又はヒアリングによる。黒数字は推定又は残差値。)

3) 対象地域の年間水収支・窒素収支の特徴

対象地域の水収支をみると、降雨量に対する、2湧水・6表流水の流出量がほぼ4割で一定であることがわかった。一方、窒素収支をみると、窒素負荷量の約7割は茶畑に起因すると推定された。また、窒素収支バランスをみると、いずれの期間もインプット(収入)に対しアウトプット(支出)が多いという結果が出た。その原因として、インプット成分にあたる降水と肥料由来の年間窒素負荷量は1年間単位の窒素成分量として評価できるが、流下負荷量等アウトプット成分は流動経路及び流動時間の長い地下水経由の湧水流出に含まれる窒素成分量として評価されているため、過去(数年前)の施肥が多かった時期の状況を反映して多くなっていることが考えられる。

調査地において、地表面からの施肥等による窒素負荷量と湧水に含まれる窒素成分の濃度変化の関係に時間差があると推察できる証拠として、前出の集水域の茶畑への土地利用転換と湧水水質変化の関係がある(図4-2-9)。調査対象地では、昭和50年代後半にみかん畑から茶畑への土地利用転換がなされ(図4-2-7、図4-2-8)、施肥量が急増したと推定されるが、湧水の硝酸性窒素濃度は昭和58年頃から徐々に上昇し始め、平成2年以降に20mg/Lを超過する高濃度が観測されている。

今後モニタリングを継続していくことにより、現在、茶畑等で進められている減肥対策の効果が、湧水質の窒素酸化物等濃度が低下していくことで明らかになると考える。

(6) 硝酸性窒素等負荷軽減対策の検討

これまでの調査検討結果より広瀬地区における負荷軽減対策の現状と今後の課題については次のとおりである。

茶園農家へのヒアリングによると、平成14年の窒素施肥量は平成13年の58.0kg/10a/年間に対して55.3kg/10a/年間と約5%の減量がなされており減肥対策は確実に進んでいる。

施肥量は基準どおりだが、うね間施用で、耕起はほとんど実施されていない。図4-2-9の土地利用、2湧水質及び茶園施肥基準の変遷、図4-2-11に示す地下水涵養・流動機構を考慮すると、2地点の湧水で減肥による濃度低下効果が確認されるまで5~10年前後を要すると考えられる。

土壌浸透水はうね間直下の土壌中、ごく浅いところで硝化菌によって急速に硝化され、降下浸透し地下水に溶脱していることがわかった。また、深度2mで土壌水のNO₃-N濃度100mg/L超が確認されている(図4-2-22)。

単年の窒素収支をみると施肥等負荷量の5~7割は作物に吸収されることなく系外に流去している。

窒素利用率を高めるための施肥対策(施用肥料、施用時期、施用方法)はうね間のおかれている場の条件(降雨遮断がなく浸透する雨量が多い、強酸性の土壌環境、図4-2-23)から、うね間から株元へ雨水・土壌浸透水を誘導し、窒素利用率を高めるとともに溶脱量を減らす必要がある。

水質モニタリングの継続

2地点湧水で減肥効果が確認されるまで10年前後を要すると考えられるため、水質の継続モニタリングが必要である。平成10年からの減肥対策の効果が電気伝導度の低下傾向に現れていると考えられる(図4-2-24)。

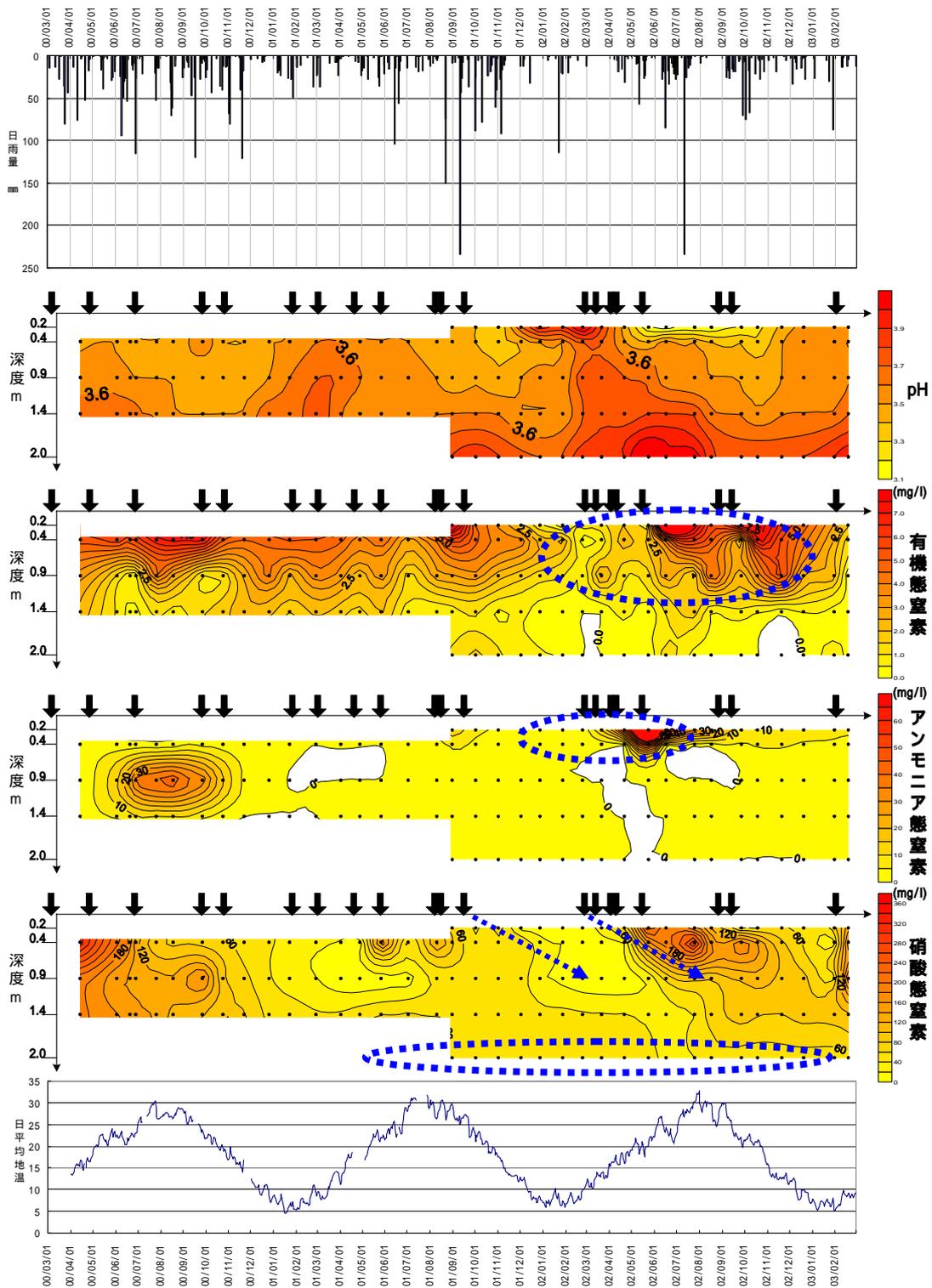


図 土壤浸透水の時系列・深度別の水質濃度分布図(ボ-ラスカップNo.2地点)
(丸数字と矢印は施肥のタイミングを示す, 日平均地温データはJA提供)

図 4-2-22 土壤水の水質分布の特徴

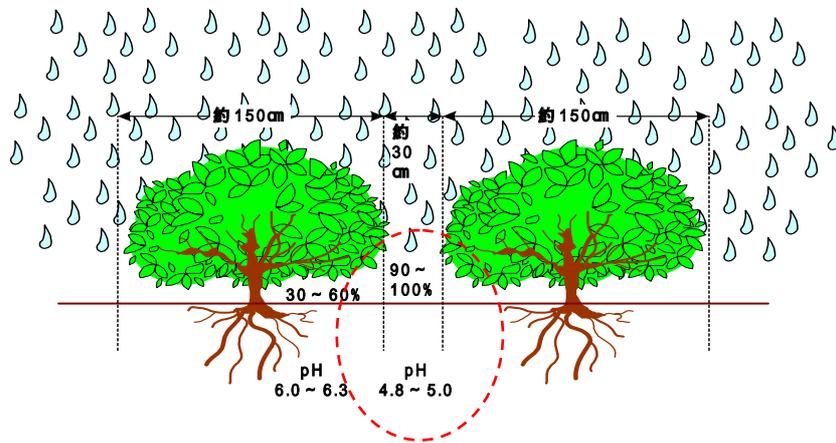


図 4-2-23 茶園うね間の場の特性

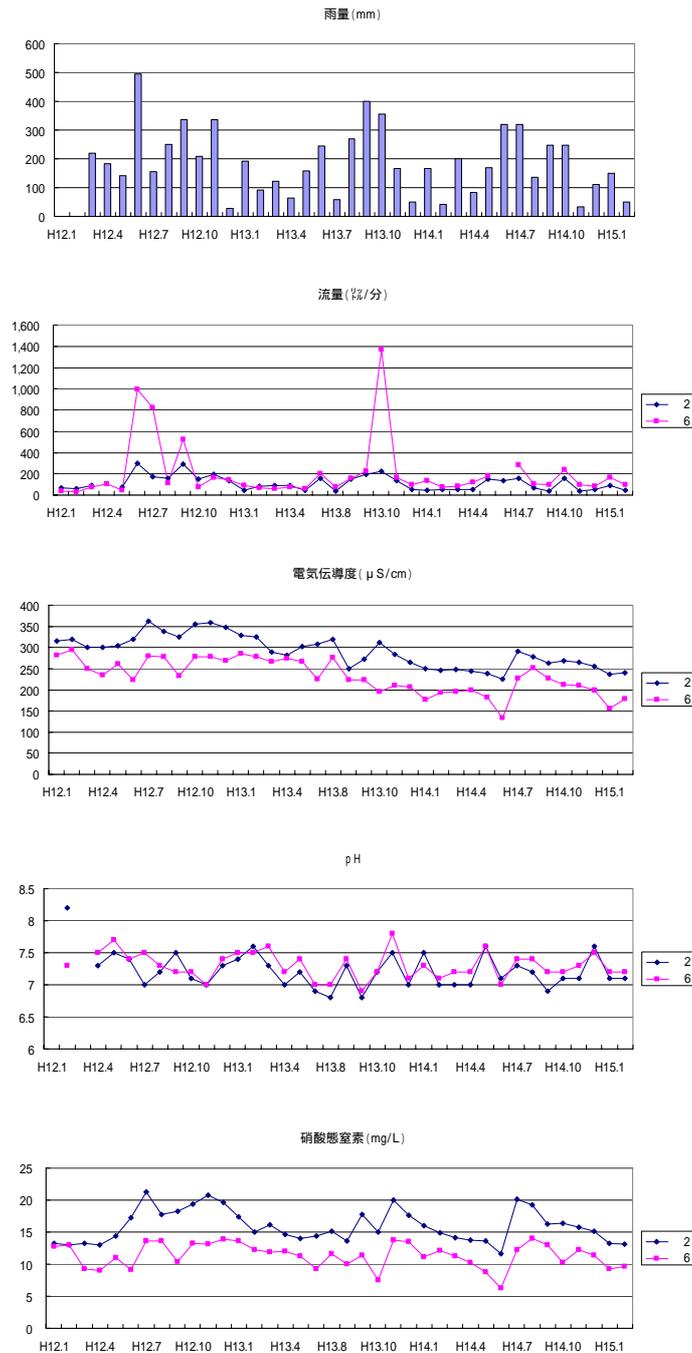


図 4-2-24 湧水・表流水モニタリング調査結果

(7) 連絡調整会議等の開催

表 4-2-11 に示す静岡県、清水市、学識経験者等で構成される連絡調整会議を開催し、調査・対策経過について協議を実施した。協議は年間あたり 3 回、合計 11 回開催した(表 4-2-12)。

表 4-2-11 連絡調整会議委員名簿(平成 14 年度)

静岡県	農業水産部研究調整室主幹
	” 中部農林事務所主任
	” 茶業試験場副主任
	環境森林部環境衛生科学研究所大気・水質部長
	環境森林部生活環境室室長
清水市	生活環境部環境保全課参事
	経済部農林水産課主査
農業従事者	JA しみず市茶業センターセンター長
学識経験者	静岡大学 土 隆一名誉教授
	(独)国立環境研究所 西川 雅高主任研究員

表 4-2-12 連絡調整会議の開催

年度	開催月日
平成 11 年度	12 月 24 日、 3 月 15 日
平成 12 年度	5 月 15 日、 12 月 15 日、 3 月 21 日
平成 13 年度	7 月 13 日、 1 月 9 日、 3 月 19 日
平成 14 年度	10 月 29 日、 1 月 28 日、 3 月 13 日

また、地元説明会を通して調査地の農業経営者へ事業状況等の情報提供を行い、事業の円滑な推進を図った。

第 1 回地元説明会：平成 14 年 2 月 21 日(清水市広瀬地区自治会館)

第 2 回地元説明会：平成 15 年 2 月 25 日(清水市葛沢地区自治会館)

地元説明会では広瀬地区の住民 20 名(第 1 回)、葛沢地区の茶園の経営者 8 名(第 2 回)に参加頂き、これまでの調査結果に基づき硝酸性窒素による地下水汚染機構について説明・報告をおこなった。

(8) 負荷低減対策の実施

1) 負荷低減対策の実施状況

今回の調査及び本調査のために設置した連絡調整会議で情報収集、協議・検討し明らかになった知見等は、連絡協議会の委員を通じ、また、静岡県農業水産部が主催する「土壌環境負荷削減方策検討委員会」等で情報提供し、施肥量の削減の啓発を進

めている。

今回の調査対象地区については、農政サイドの指導により、本報告にも記載しているとおり、施肥量の削減が進められ、確実に減少している。

調査対象地区を所管するJA清水では、平成15年度から、茶生産農家に対して図4-2-25に示す茶生産履歴簿を作成することを義務づけた。これにより、これまで以上に窒素負荷量の把握が正確に出来るとともに、茶生産農家の施肥についてより一層慎重な対応が期待される。

記入例

製茶工場名: 清水製茶

生産者コード: 1-140

生産者名: 清水 太郎

園場名: 家の前

品種名: やぶきた

面積: 8 アール

【参考】平成15年清水市茶園防除基準

時期	対象病虫害	薬剤名	濃度	摘採前日数
一番茶萌芽前	カンザウハダニ	マイトコーネフロアブル	1,000倍	14日
一番茶摘採後	ウンカ・スリップス ハマキ類	カスケード乳剤	4,000倍	7日
二番茶萌芽前 ～一葉開葉期	炭そ病・もち病 ウンカ・スリップス ナガリヒゲダニ	バイレト水和剤25 ガンバ水和剤	3,000倍 1,500倍	14日 14日
二番茶摘採後	ハマキ類	ファルコンフロアブル	4,000倍	21日
三番茶萌芽期	炭そ病・新梢枯死症 ウンカ・スリップス	フロロサイドSC ダントツ水溶剤	2,000倍 4,000倍	14日 7日
三番茶開葉期	炭そ病・褐色円果病 ウンカ・スリップス ハマキ類	インダゴフロアブル オルトラン水和剤	5,000倍 1,500倍	21日 30日
8月中旬	ハマキ類 ウンカ・スリップス ヨモギエダシヤク	マッチ乳剤	2,000倍	7日
秋芽開葉期	炭そ病・もち病 ウンカ・スリップス チャノホソガ	コサイドボルドー水和剤 アドマイヤー顆粒水和剤	800倍 5,000倍	14日 7日
秋熟枝後	ハマキ類 カンザウハダニ スリップス	エンセンダ乳剤	1,000倍	最終摘採後

1. 防除履歴				
実施日	対象病虫害	使用薬剤名	濃度	散布量
3月14日	カンザウハダニ	マイトコーネ	1000倍	300ℓ
5月19日	ウンカ・ハマキ カンザウハダニ	カスケード ミレバノック	4000 1000	300
6月4日	炭そ病・もち病 カンザウハダニ	バイレト ガンバ	3000 1500	260
7月1日	ハマキ	ファルコン	4000	280
月 日				
月 日				
月 日				
月 日				
月 日				

2. 除草剤履歴				
実施日	使用薬剤名	薬剤量	散布水量	
月 日		ℓ	ℓ	ℓ
月 日				
月 日				

3. 施肥・液肥・土壌管理履歴					
実施日	肥料・液肥名	施用量	成分量 kg		
			窒素	リン	加里
2月5日	シエリミン	80kg	—	—	—
2月23日	茶肥はるかぜ	80	6.4	2.4	2.4
3月21日	〃	80	6.4	2.4	2.4
4月17日	アサヒ Vボロス	50	8	3.5	6
5月6日	さすけ	65	0.1	1.3	2.6
5月19日	くまひし液肥 1号	300ℓ	—	—	—
6月4日	〃	260ℓ	—	—	—
6月11日	〃	300ℓ	—	—	—
7月1日	4ニ71	50	6.5	2.5	3
7月20日	若土肥2号	80	—	—	—
8月20日	茶肥液肥	80	5.6	2.4	6.4
9月20日	〃	80	5.6	2.4	6.4

4. 摘採記録		
茶期	摘採日	工場確認欄
一番茶	5月2日～5月3日	
刈番茶	5月12日～ 月 日	
二番茶	6月20日～6月21日	
三番茶	月 日～ 月 日	
秋冬番茶	月 日～ 月 日	

◆防除基準を参考に、園場ごとの生育状況や病害虫発生状況に応じ、摘採前使用日数に十分注意して適切な防除を実施してください。

◆ミカンとの混植園においては、茶に害のないミカンへの散布農薬が付着した可能性のある生葉については出荷出来ません。

◆園地ごと、高標ごとに、防除、除草、施肥、液肥、摘採を記録してください。

図 4-2-25 JA 清水の茶生産履歴簿

また、静岡県農業水産部研究調整室では、平成14年2月に「静岡県施肥由来の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染等対応指針」(文末に示す)を策定し、前述の水質汚染についての対応を定めている。

この指針に基づき、環境サイドが実施した調査等によって、施肥由来の水質汚染が判明した場合には、早急に改善策が講じられることになる。

平成14年度、測定計画に基づく調査により判明した当該汚染についても、指針に基づき地域環境負荷軽減対策会議を開催し、関係機関による環境負荷軽減に向けた推進体制を構築するとともに、現状把握、対策の検討・実施、農業者への啓発等に取組んでいる。

さらに、平成14年3月に県の施肥基準が改訂され、茶園の施肥量が窒素成分量で54kg/10a以下に統一され、全県的に施肥削減に向けた取組がなされている。

2) 課題

農用地での硝酸性窒素等の改善対策としては、事実上、減肥対策に頼らざるをえないところがある。また、今回の調査で明らかになったように、減肥の効果が表れるのに10年程度かかることが推定される。このような状況の中では、当面の対策としては、硝酸性窒素等で汚染された地下水を飲用に供するのをやめ、他に水源を求めるという方法で対応せざるをえない。このように、一度汚染された場合は回復に時間がかかる。

汚染を発生させないためには、それぞれの農業者が、硝酸性窒素等の汚染について認識し、農作物にあった最も有効な施肥の方法を検討して減肥を進めていくことが重要である。それには、対策の効果が目で見え確認できることが必要である。減肥をしても農作物の収量や品質に影響がないこと、土壌水や湧水で着実に硝酸性窒素濃度が減少していること、などの効果を得れば、より積極的な減肥対策を展開することができるからである。

(9) おわりに

本調査は、主として茶園の施肥に起因する硝酸性窒素について行ったもので、今回の調査を実施するにあたって役に立った事や留意した点等を下記に記した。今回のような調査を行う場合の参考になれば幸いである。

1) 概況調査

ア) 空中写真の活用とヒアリングの実施

本事業では概況調査段階において年代別空中写真の判読から土地利用状況の変化を把握し、それをベースに地元農家の方へヒアリングを実施した。その結果、みかん畑から茶畑への土地利用転換が湧水質の硝酸性窒素濃度の上昇原因になっていることが推定された。

農家の方には、空中写真を見てもらいながらヒアリングしたことにより、調査対象地の営農の歴史や生活・農業用水として昔から利用されている表流水・湧水地点の位置も聞くことができ、以降の調査に大変役立った。

イ) 水文地質踏査の実施

概況調査段階において調査対象地を含む周辺地域の水文地質踏査を実施した。特に、今回の調査対象地は中山間地の傾斜地に位置しているため、沢沿いの露頭調査により地質構造を把握し、それぞれの地点おける表流水・湧水の電気伝導度（現場分析）を細かく測定した。

電気伝導度と硝酸性窒素濃度の相関が高いことを利用し、地質構造や土地利用との関係から地域の地下水涵養・流動機構及び湧水流出機構を推定するとともに、定点観測地点を絞り込んだ。

ウ) 既存データの活用

地元住民から事業に対する理解を得られるよう、地元説明会を開催した。また、

清水市及び清水市農協に、地元農家・住民へ本事業への協力依頼をするなどの対応をお願いしたことにより、速やかに事業を進める体制ができあがった。併せて、過去の湧水質データ、施肥基準等の資料、気象観測データの提供を受け、解析に活用した。

2) 調査方法

ア) 土壌浸透水のサンプリング ポーラスカップ法

土壌浸透水のサンプリングにはポーラスカップ法とトレンチ法の2種類があるが、本事業開始当初は、トレンチ法での採取も試みた。しかし、試験圃場とは違い、傾斜地の経営農地での施工では、十分な大きさのトレンチを設置することができなかつたため中止した。

一方、ポーラスカップ法は、20mm程度の小口径の孔を掘削できれば設置可能なため、傾斜地茶園のうね間においても深度別の分析に必要な検体が採取でき、有効な手法である。調査開始当初は0.4、0.9、1.4mの3深度のサンプリングを実施していたが、連絡調整会議の意見から、窒素成分の変化の過程を観察する目的で0.2、2.0mの2深度を追加した。その結果、窒素成分は、有機態あるいはアンモニア態の形で施用された肥料が地表面のごく浅い部分で微生物分解や硝化の過程を経て、硝酸性窒素に変化していることが明らかになった。

イ) 土壌浸透水のサンプリング 採水時期、採水間隔

調査期間を通して、施肥の時期及び量と土壌浸透水質を調査したことは有意義であり、図4-2-17～18に示すように、時空間分布の関係が把握できた。今後の調査においては、高濃度の硝酸性窒素の浸透過程が観察される寒肥～芽だし(1～5月)から秋肥(9月頃)の時期について、採水間隔を1ヶ月でなく間隔を短縮し、窒素安定同位体も組み合わせた分析を適用すれば、新たな知見を得られる可能性があると考えられる。

ウ) 施肥実態の把握 - 生産履歴簿の記載 -

本調査において、施肥実態の把握は、農家の方に協力依頼し、農地入口にポリ瓶を設置し、施用肥料を分取してもらうとともに、施用月日、肥料名、施肥量、表示成分量などを記載してもらう仕組みにして、把握の精度を高める工夫をした。

平成15年から清水市農協では、茶園生産履歴簿(図4-2-25)による茶生産履歴の管理を開始した。履歴簿は市内の全茶生産者が施肥や防除等の生産履歴を記帳し、茶栽培圃場ごと、品種ごと、一年間ごとの記録とするもので、基本は食品の安全性や品質確保のための取り組みである。生産履歴の記録が義務付けられたことにより、茶生産農家の施肥についてより一層慎重な対応が期待される。

3) 茶園における対策 - うね間での施肥対策 -

茶園の施肥は窒素成分量54kg/年間/10aの圃場の場合、うね間施用されているとすれば、その実態は、10aの6分の1、すなわち約1.7aに54kgが集中して施用され

ていることになる。いかにうね間での窒素負荷量が多くなっているかがわかる。また、窒素収支から施肥等負荷量の5～7割は作物に吸収されることなく系外に流出していることから、うね間のおかれている場の条件(降雨遮断がなく浸透する雨量が多い、強酸性の土壌環境、図 4-2-23)を踏まえた施肥対策(施用肥料、施用時期、施用方法)を考える必要がある。また、うね間から株元へ雨水・土壌浸透水を誘導し、窒素利用率を高めるとともに溶脱量を減らす方法等も考える必要がある。

静岡県施肥由来の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染等対応指針

第1 目的

平成13年7月2日付13生産第2615号(農林水産省生産局農産振興課長)、環水土第123号(環境省環境管理局水環境部土壌環境課長)により「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る土壌管理指針(以下「土壌管理指針」という)」が示されたことに伴い、静岡県における施肥由来の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る「公共用水域又は地下水」の汚染(以下「水質汚染」という)の対応等について定める。

第2 情報の収集等

研究調整室は、環境森林部生活環境室及び水質汚濁防止法政令市(静岡市、浜松市、清水市、沼津市、富士市、以下「政令市」という)と連携して常時監視結果等の情報収集に努め、「公共用水域又は地下水」での水質汚染状況を把握し、施肥由来の水質汚染が判明した場合には早急に改善策を講ずることとする。

第3 具体的対応方法

- 1 研究調整室は、別表1に掲げる機関にある者をもって、「静岡県持続的農業技術普及促進協議会」内に「環境負荷低減検討部会(仮称、以下「検討部会」という)」を設置する。水質汚染が判明した場合は速やかに検討部会を開催し、「土壌管理指針」を参考に土壌管理の状況把握及び改善方策の取りまとめを行う。
- 2 水質汚染が発生していない場合であっても、必要に応じて「検討部会」を開催できる。
- 3 地域の対応等については、広域的に同様な営農形態が行われている場合、施肥由来の水質汚染の発生が広域で、複数の市町村が関係する場合も考えられることから、農林事務所単位で対応するものとする。
- 4 農林事務所は、「県持続的農業技術普及促進協議会普及活動方針検討委員会」(以下「検討委員会」という)が対応する。また、水質汚染が判明した場合は、地域の状況把握及び改善対策を策定するために、別表2に掲げる機関にある者をもって検討委員会の下部組織として、「県持続的農業技術普及促進協議会地区推進協議会」(以下「地区推進協議会」という)を開催し、関係機関と連携して対応する。なお、必要に応じて「地区推進協議会」にその他の者を加える。

第4 水質汚染地域での対応方法

- 1 「地区推進協議会」は、農林事務所や市町村、農協等と連携を取りながら、実態調査や改善対策の策定を行うものとする。
- 2 農林事務所は、「地区推進協議会」において、必要な対応が図られるよう関係機関と調整するとともに、生産振興部長を中心に関係課によるプロジェクトチームを設置し、試験研究機関の助言を得ながら、現地展示ほ等の設置や、改善対策の普及促進を図る。また、実施状況等を速やかに研究調整室に報告するものとする。
- 2 市町村の農林関係課は、農林事務所と連携を取りながら「地区推進協議会」において、実態調査、改善対策の取りまとめ等に当たるとともに、農協とともに地域の啓発活動等を行う。また、営農状況が同様な場合は周辺の市町村でも汚染発生が考えられるため、関係する市町村も連携し同様な措置を講ずることとする。なお、農林関係課は環境関係課等と連携するなど全庁的な対応を図るものとする。
- 3 農協は、市町村、農林事務所と緊密な連携を取りながら「地区推進協議会」において、状況把握、改善対策の取りまとめ等に当たるとともに、展示ほ等の設置や、地区座談会、作物別部会等を通じた啓発活動等を行う。なお、営農指導部門と購買・資材部門等が一体となり、必要な情報提供や具体的な対策を図る。
- 4 県農協中央会及び県経済連は、状況把握や改善対策等を円滑に実施するため農協等を指導する。また、他地域において汚染発生が懸念される場合は、積極的に情報提供を行い注意を喚起するとともに、必要に応じて作型や品種の変更等を検討し、農協等に勧告する。
- 5 県経済連及び県肥料商業組合は、肥料の種類別の窒素供給量等の関係データの積極的な提供や、改善

対策に向けて代替資材の提案等必要な情報提供を行う。

第5 試験研究機関の役割及び対応方法

試験研究機関は、特に技術的事項の検討及び啓発・普及について指導、助言を行う。

第6 その他の調査等による水質汚染の対応等

- 1 「公共用水域及び地下水」の常時監視による測定以外に汚染が判明した場合には、関係機関が連携して情報の提供等を行うほか、発生場所及び状況により必要な対応を図る。
- 2 「水質汚染」の発生原因が施肥以外の他の要因と複合している場合には、必要に応じて関係する部局等と連携し対応する。
- 3 この検討部会に関係する機関は、日頃から施肥由来の水質汚染の発生抑制に努めるものとする。

第7 その他

- 1 この指針に定める他、必要な事項は研究調整室長が定めることとする。

附則

この指針は、平成14年2月12日より施行する。

[平成14年5月24日一部改正]

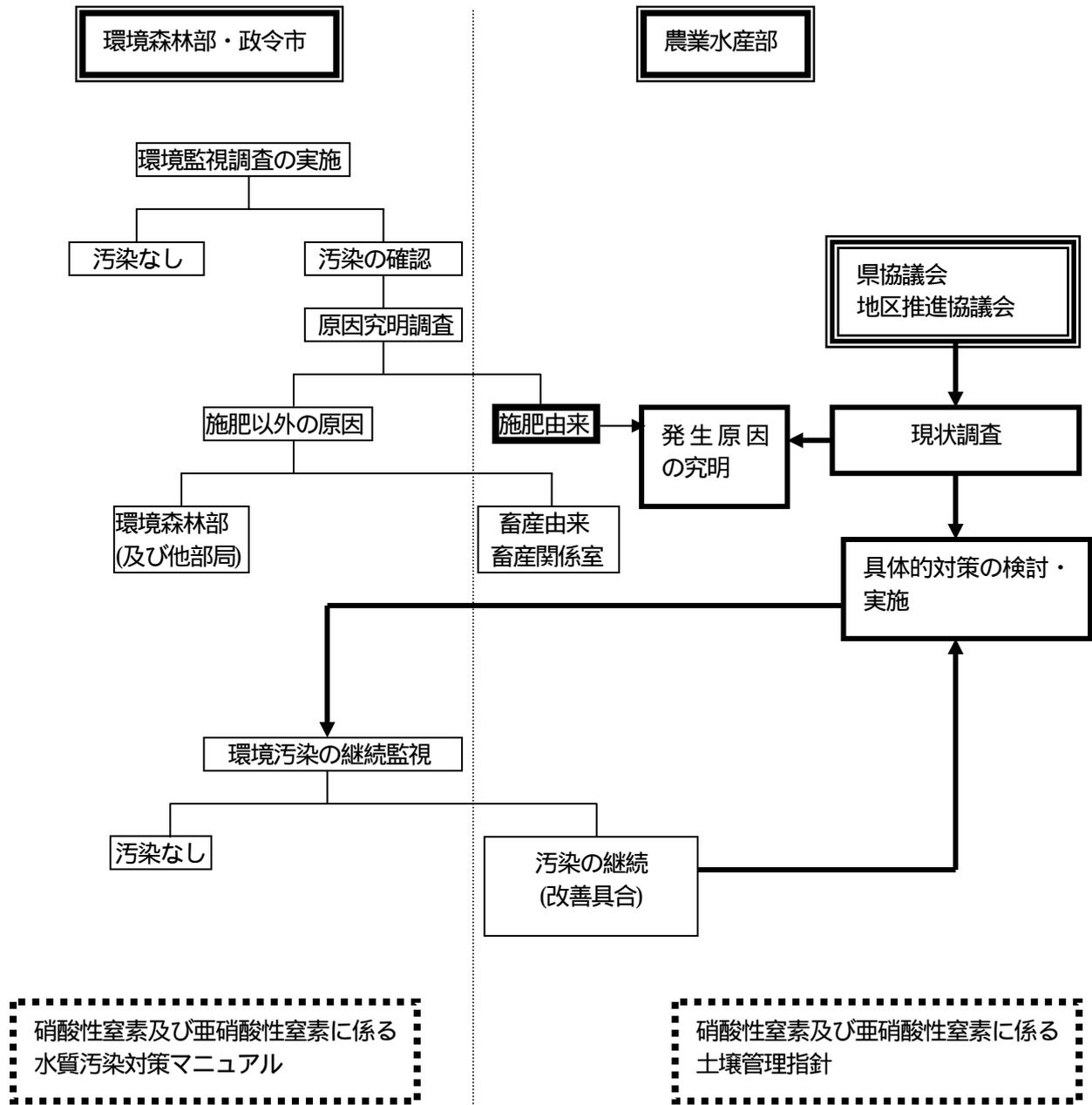
(別表1)

県本庁段階	農業水産部	企画調整室、農業振興室、お茶室、こめ室、みかん園芸室、家畜衛生室、研究調整室等
	環境森林部	生活環境室
県出先機関		各農林事務所環境保全関係課、農業試験場、茶業試験場、柑橘試験場、畜産試験場、中小家畜試験場、環境衛生科学研究所
水質汚濁防止法政令市		静岡市、浜松市、沼津市、清水市、富士市
関係団体		県農業協同組合中央会、県経済農業協同組合連合会、県肥料商業組合等

(別表2)

県出先機関	農林事務所	事業調整課、技術支援課、産地育成課等
	試験研究機関	農業試験場、茶業試験場、柑橘試験場
市町村		農林関係課、環境関係課
関係機関		県農協中央会関係支所、県経済連関係事務所、農協
その他		中核的農業者(農業経営士、認定農家代表者、各作目部会長)等

静岡県施肥由来の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染等対応指針フロー図



4.3 長崎県

(1) 調査地域の概況

1) 調査地域

モデル地域の有明町、国見町は島原半島の北東部に位置しており（図 4-3-1）、面積は有明町が 23.48km²、国見町は 38.20km²である。地形は、雲仙岳とそれに連なる丘陵地、海岸沿いの平野部からなり、河川はいずれも流域が狭く、利水可能な河川は少ない。

平成 10 年度から 3 年間実施した概況調査の結果、特に島原半島地域において硝酸性窒素による汚染が確認され、島原半島地域の中でも特に汚染が顕著であった有明町、国見町を調査の対象とした。

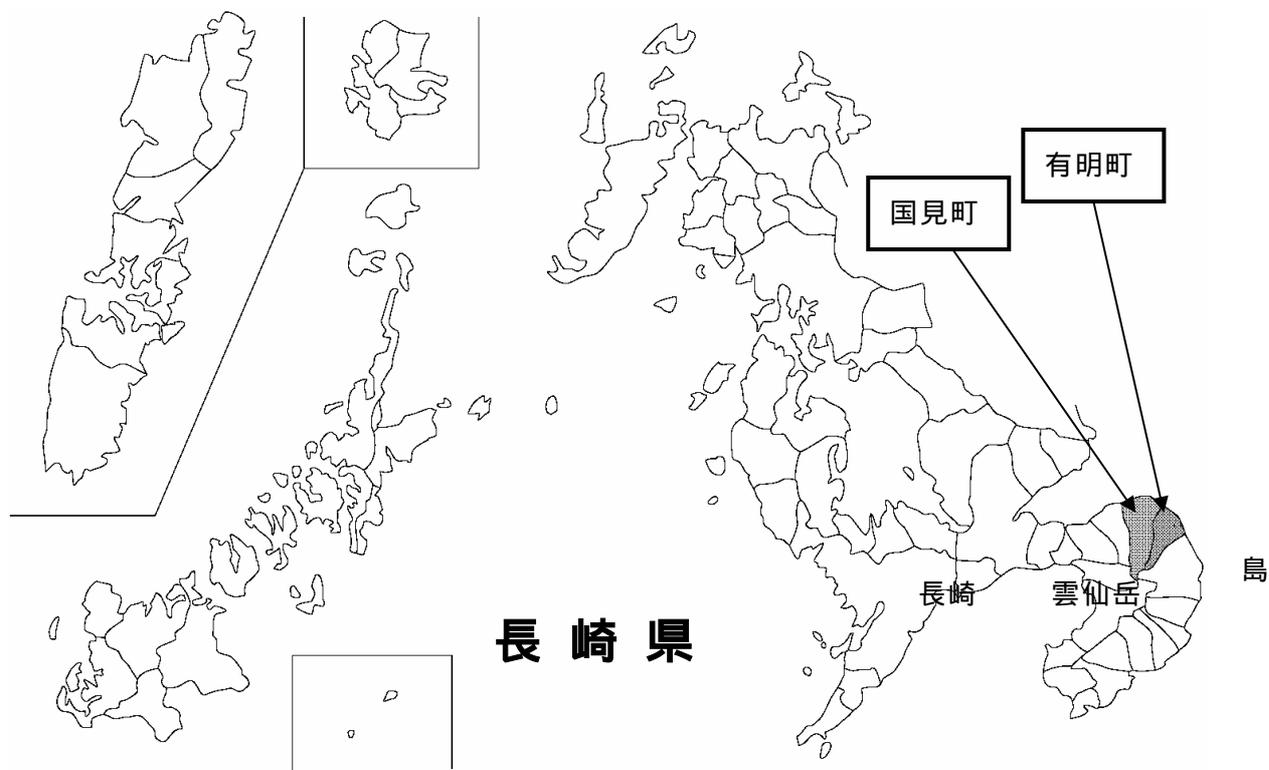


図 4-3-1 有明町、国見町の位置

2) 人口

有明町、国見町の人口は、平成 12 年で有明町 11,958 人、国見町 11,458 人である。

これまでの人口動向を振り返ると、両町とも戦後から昭和 50 年にかけて人口減少が続き、昭和 55 年から U ターンの増加等によって人口増に転じた。しかしながら平成 2 年以降、人口減少の傾向が続いている。

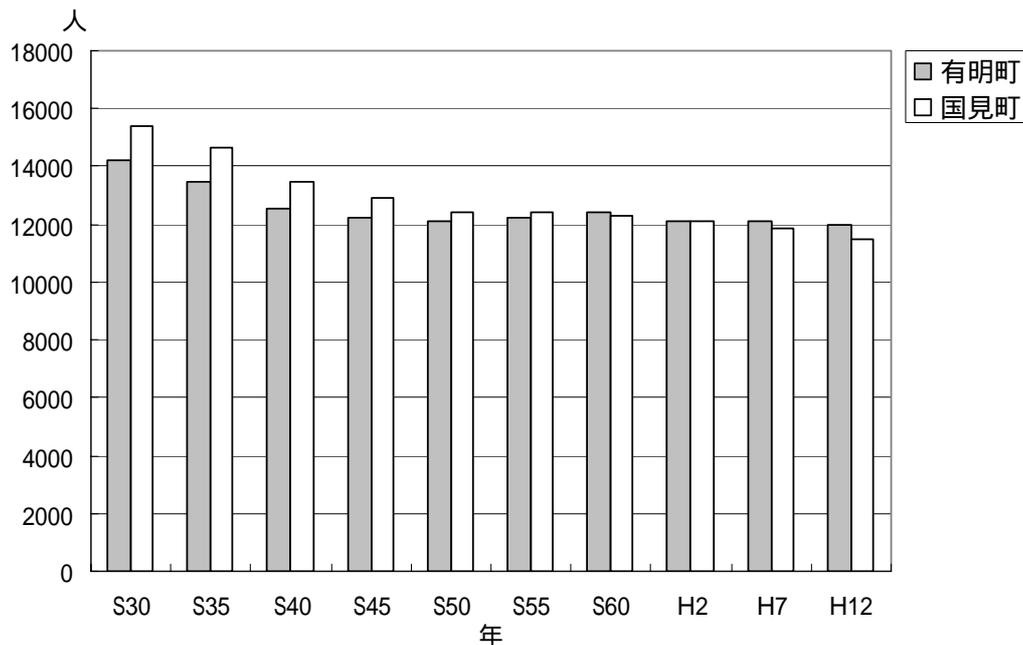


図 4-3-2 人口推移図

3) 上水道

有明町は、大三東簡易水道が昭和 56 年 5 月 25 日、川内簡易水道が昭和 51 年 11 月 29 日、湯江簡易水道が昭和 53 年 5 月 19 日に完成し、平成 13 年度末の普及率は 95.4%である。

国見町は、上水道が昭和 53 年 5 月 19 日、南部簡易水道が昭和 55 年 4 月 30 日に完成し、平成 13 年度末の普及率は 90.3%である。

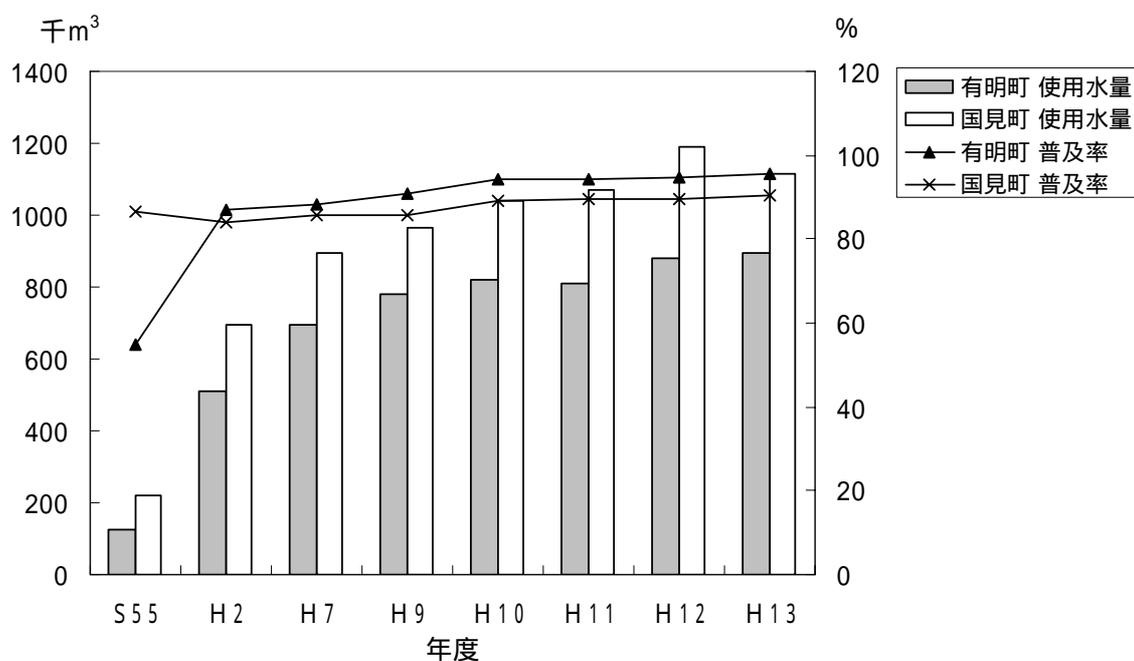


図 4-3-3 上水道普及推移図

4) 気象

隣接の島原市（有明町、国見町に最も近い気象庁の観測地点）は、北九州型気候区分に属し、年平均気温 18 前後、年間降水量 1,800mm 前後と温暖で湿潤な気候となっている。特徴としては、春から初夏にかけて月 200mm 程度の降雨が見られ、秋に雨量が少なく、農業生産に恵まれた条件となっている。また、年間を通しての気温差は 30 前後であり、冬の寒さがそれほど厳しくないという特徴がある。

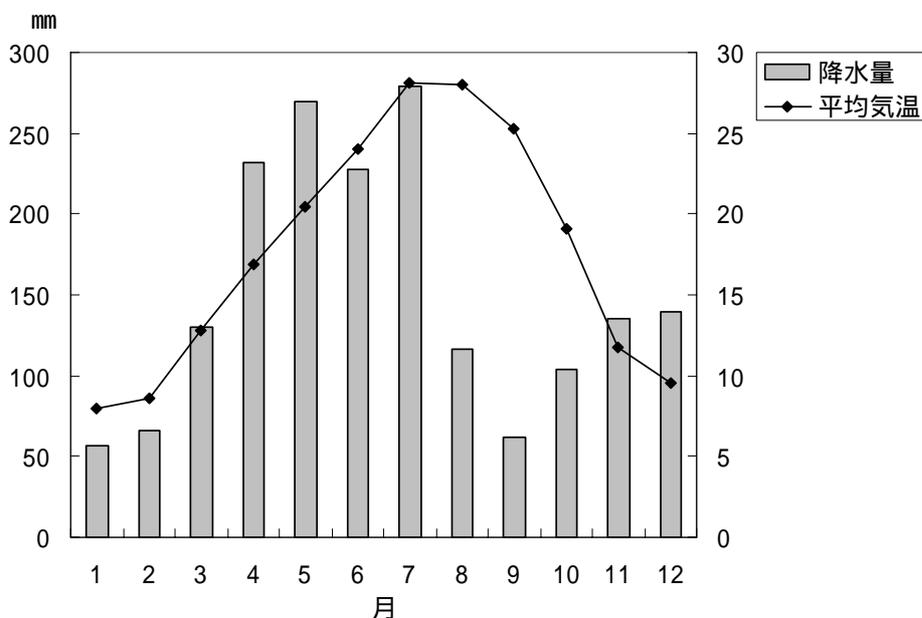


図 4-3-4 降水量と平均気温

(2) 地下水汚染の状況

1) 概況調査

平成 9 年に地下水環境基準が設定されたことを受け、平成 10～12 年度までの 3 カ年で県下 441 本の井戸について、地下水質調査を実施した。その結果、硝酸性窒素の環境基準超過地点の大半が有明町・国見町を中心とした島原半島で占められ、県内の環境基準を超過した 50 地点のうち、島原半島地域は 42 地点を占めていた（表 4-3-1）。

表 4-3-1 硝酸性窒素の環境基準超過状況（概況調査）

年度	調査地点数	環境基準超過地点数	備考
10	144(117)	23(23)	島原半島地域及び対馬地区で実施。
11	146(8)	4(3)	10 年度実施以外の地区で実施。 一部再調査。
12	151(19)	23(16)	10、11 年度実施以外の地区で実施。 一部再調査。
計	441(144)	50(42)	

()内数字は、島原半島地域

2) 汚染井戸周辺地区調査

平成 10～12 年度の概況調査において、新たに発見された環境基準超過井戸の周辺の汚染状況を把握するために、平成 13 年度に島原半島を中心に県下 81 本の井戸について、硝酸性窒素の調査を実施し、34 本の井戸で環境基準を超過していたが、そのうち 32 本は島原半島地域であった（表 4-3-2）。

表 4-3-2 硝酸性窒素の環境基準超過状況（汚染井戸周辺地区調査）

年度	調査地点数	環境基準超過 地点数	備 考
13	81(60)	34(32)	

()内数字は、島原半島地域

(3) 地下水汚染の原因

1) 地下水・河川水質調査

ア) 水質調査地点

調査を実施した地点を表 4-3-3，図 4-3-5，図 4-3-6 に示す。

地下水については平成 13 年度は県実施の概況調査（H10～H12 年度）において硝酸性窒素の環境基準を超過した井戸およびその周辺の井戸 28 地点について調査を行った。また、平成 14 年度はそのうち 16 地点を選定して追跡調査を行い、さらに新たに未調査の 3 地点を加えて調査を行った。調査地点の概要は表 4-3-3 のとおりである。

河川水については、当該地区については小河川が何本も走っており、それぞれの集水域が明確でないため、代表的な 2 河川（土黒川、湯江川）について 2 ヶ年とも調査を行った。

なお、人為的な汚染が少なく、より自然形に近いと考えられる舞岳原水についてもバックグラウンドとして水質調査を行った。

表 4-3-3 調査地点の概要

調査地点				
			地点番号	選定理由
十四年度調査実施	国見町	土黒川	1 (最上流)	平成 13 年度からの継続調査
			2 (上流)	
			3 (中流)	
			4 (下流)	
		地下水	5	硝酸性窒素濃度が高い国見町北部の代表点
			6	
			7	硝酸性窒素濃度基準値以下
			8	トリリニアダイアグラムが他地点と異なる (H13 調査)
			9	硫酸イオン濃度が異なる国見町中央部の代表点
			10	
			11	平成 13 年度の未調査地区
			12	
	有明町	湯江川	13 (最上流)	平成 13 年度からの継続調査
			14 (上流)	
			15 (中流)	
			16 (下流)	
		地下水	17	硝酸性窒素濃度が高い硝酸イオン濃度が異なる有明町中央部の代表点
			18	
			19	
			20	大腸菌群数が多い有明町中央部の代表地点
			21	
			22	硝酸性窒素濃度は低い硫酸イオン濃度が高い
			23	硝酸性窒素濃度が高い有明町頭部の代表点
			24	
			25	硝酸性窒素濃度基準値以下
			26	有明町北部の代表点
			27	
		28 (舞岳源水)	非汚染のバックグラウンド	
十三年度のみ調査実施	国見町	地下水	30	
			31	
	有明町	地下水	32	
			33	
			34	
			35	
			36	
			37	
			38	
			39	
			40	
			41	

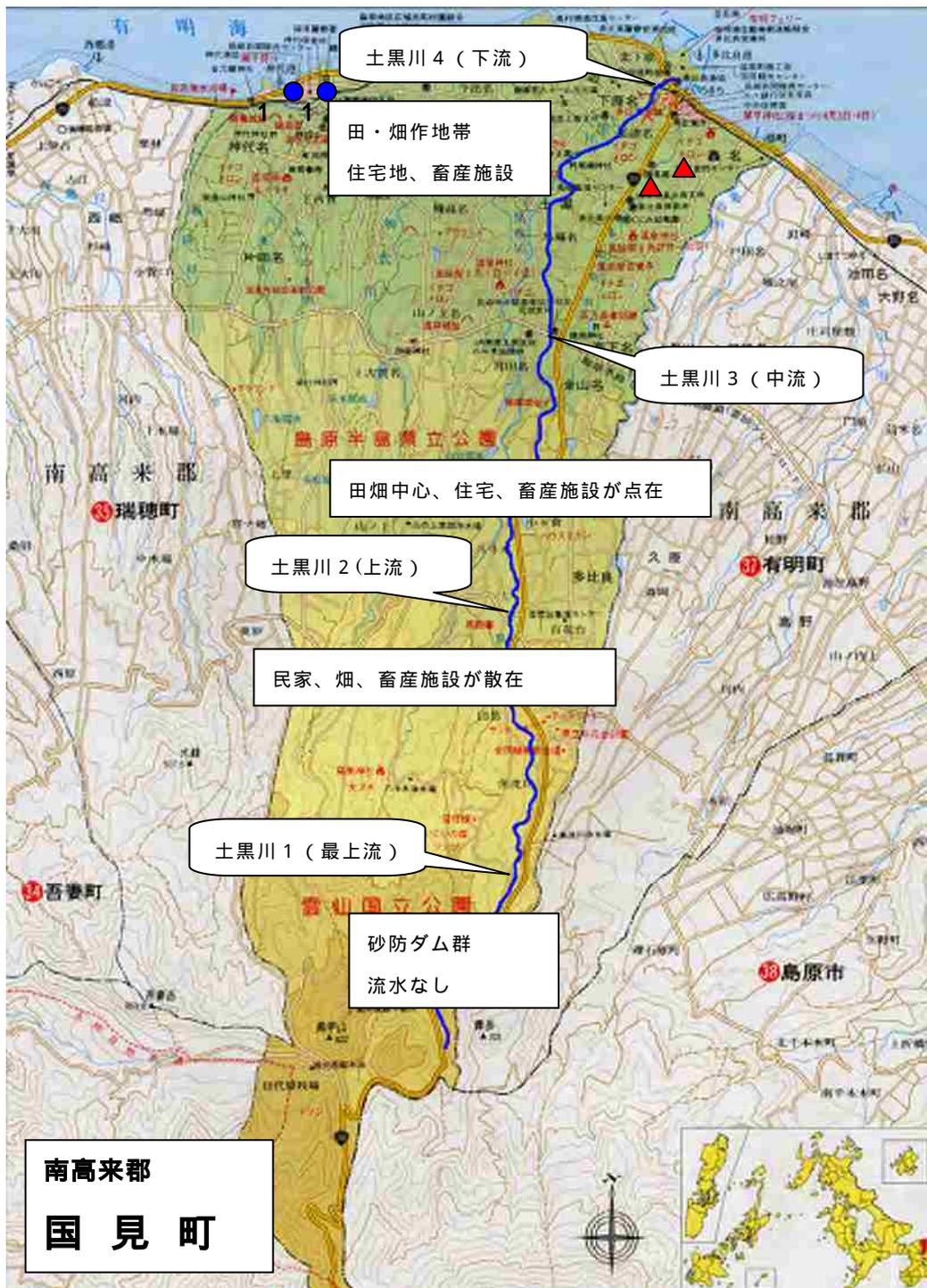


図 4-3-5 地下水および河川水採取地点（国見町）

数字：地点番号

赤：(硝酸性窒素濃度) > 10mg/L (2年調査のうち2年とも基準超過)

赤：(硝酸性窒素濃度) > 10mg/L (1年調査で基準超過)

青：(硝酸性窒素濃度) < 10mg/L (2年とも基準以下)

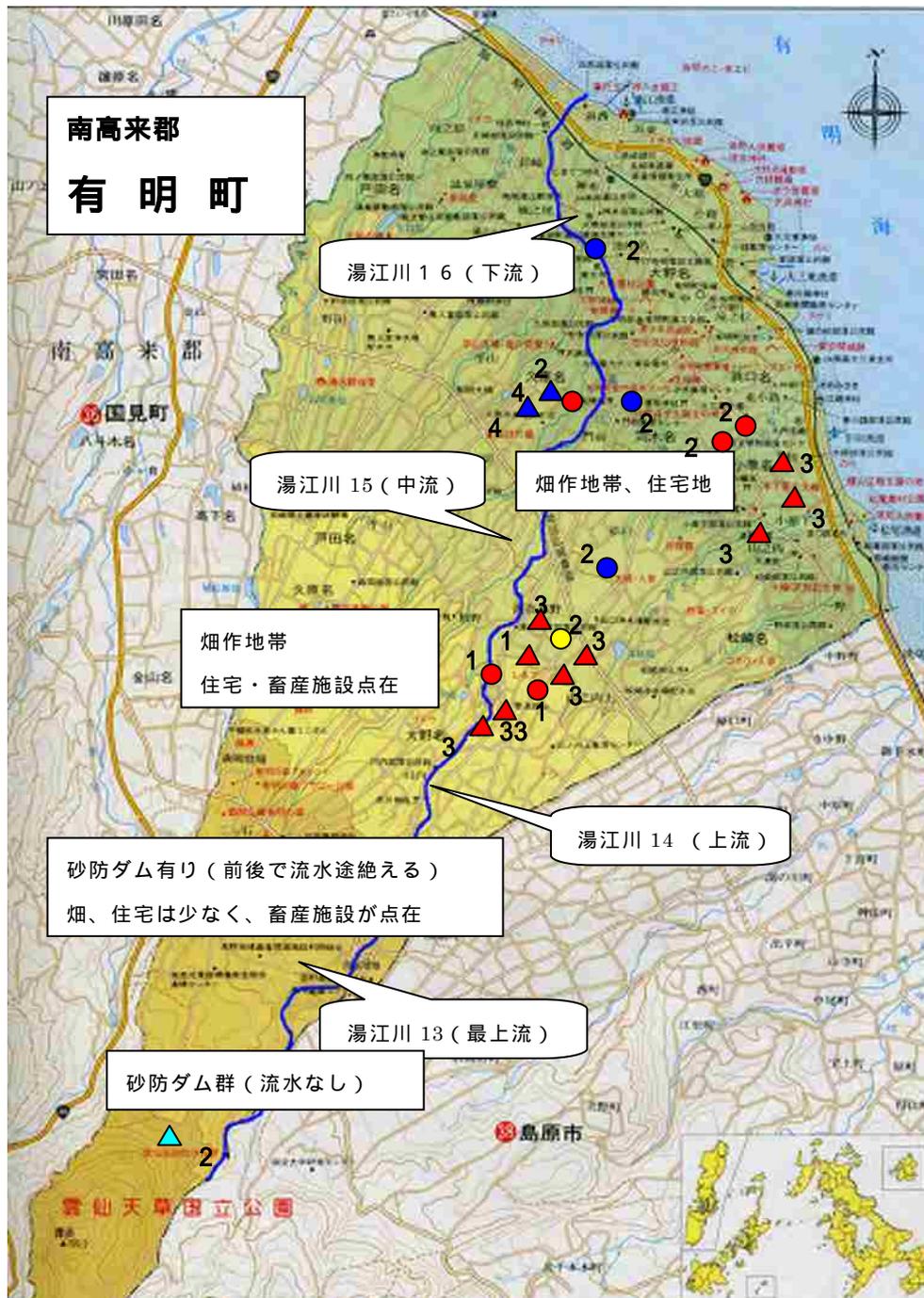


図 4-3-6 地下水および河川水採取地点 (有明町)

数字： 地点番号 水色： 舞岳源水
 赤 : (硝酸性窒素濃度) > 10mg/L (2年調査のうち2年とも基準超過)
 赤 : (硝酸性窒素濃度) > 10mg/L (1年調査で基準超過)
 黄 : (硝酸性窒素濃度) > 10mg/L (2年調査のうち1年基準超過)
 青 : (硝酸性窒素濃度) < 10mg/L (2年調査のうち2年とも基準以下)
 青 : (硝酸性窒素濃度) < 10mg/L (1年調査で基準以下)

イ) 地下水調査

a) 概要

調査は国見町地下水については平成 13 年 10 月および平成 14 年 8 月に、また有明町地下水については平成 13 年 10 月および平成 14 年 11 月にそれぞれ実施した。分析項目および分析方法は表 4-3-4 のとおり行った。

表 4-3-4 分析項目および方法

項目	分析方法	
pH	JIS K0102	ガラス電極法
電気伝導度		電気伝導度計
総アルカリ度	上水試験法	MR 混合指示薬による方法
Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、NO ₃ ⁻	JIS K0102	イオンクロマトグラフ法
NO ₂ ⁻	JIS K0102	ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
NH ₄ ⁺	JIS K0102	インドフェノール青吸光光度法
T-N	JIS K0102	熱分解法
Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺	JIS K0102	フレイム原子吸光法
大腸菌群数		BGLB 培地直接 MPN 法
糞便性大腸菌		M-FC 法

b) 分析結果

調査地点および各項目の 2 カ年分の結果について、表 4-3-5 に示した（平成 14 年度の有明町地下水については糞便性大腸菌数を調査した）。なお、14 年度に採水を予定していた No.19、No.21 地点については地下水枯渇のため欠測とした。

i) 窒素成分

- ・ 窒素成分のほとんどが硝酸性窒素であった。
- ・ 硝酸性窒素の環境基準（10mg/L）を超過した井戸は 13 年度は全 28 井戸中 23 井戸（超過率 82%）であったが、14 年度は全 17 井戸中 9 井戸（超過率 52%）であり、前年度の超過率を大きく下回った。
- ・ 硝酸性窒素の最高濃度はそれぞれ 13 年度 29mg/L、14 年度 36mg/L であり 2 カ年とも No.17 地点で検出された。
- ・ 比較的深い井戸である No.17、18、33、34、35 地点については高濃度の硝酸性窒素が検出され、鉛直方向への汚染も示唆された。
- ・ 舞岳源水についてはほとんど窒素成分は検出されなかった。

ii) pH

- ・ それぞれ 13 年度では 5.8～7.1、14 年度では 6.0～7.8 の範囲内であった。

表 4-3-5 地下水質調査結果

No.	所在地	深さ (m)	水温 ()	pH	上段:平成13年度 下段:平成14年度												
					EC (mS/m)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	アルカリ度 (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	大腸菌群数 (MPN/100ml)	糞便性大腸菌 (個/100ml)
5	国見・馬場第二	不明	22.5	6.2	30.1	17.9	<0.02	<0.01	27.0	8.9	22.0	9.1	8.5	7.9	27.0	130	-
			20.5	6.5	27.2	11.2	<0.02	<0.01	30.7	9.8	23.3	11.1	9.3	7.2	22.0	140	-
6	国見・轟木	40	20.0	6.4	43.6	23.1	<0.02	<0.01	29.0	11.8	23.3	17.1	7.6	15.5	31.1	4	-
			21.5	6.5	43.9	23.3	<0.02	<0.01	29.2	22.7	45.6	23.8	8.8	16.0	31.9	22	-
7	国見・宮田	不明	22.0	6.6	22.1	7.1	<0.02	<0.01	20.0	7.9	12.9	10.8	3.6	7.9	17.1	0	-
			24.0	7.0	25.3	9.9	<0.02	<0.01	37.0	10.0	23.2	13.6	3.7	9.2	19.8	0	-
8	国見・篠原	不明	20.5	7.0	19.9	1.7	<0.02	<0.01	67.0	10.0	22.5	11.7	3.2	9.0	12.1	0	-
			20.5	7.0	22.8	2.3	<0.02	<0.01	70.1	10.2	10.4	11.9	4.1	11.4	14.0	0	-
9	国見・楠高	30	20.5	7.0	25.3	10.7	<0.02	<0.01	42.0	26.3	50.9	8.7	3.8	11.6	18.8	4	-
			21.8	7.1	26.8	12.9	<0.02	<0.01	42.9	9.1	15.9	24.0	4.8	13.9	16.4	130	-
10	国見・楠高	40	18.4	6.2	22.6	11.1	<0.02	<0.01	32.6	10.4	16.3	9.8	2.9	8.4	15.8	27	-
			19.8	6.6	24.6	10.7	<0.02	<0.01	32.6	10.1	14.8	18.2	5.5	10.8	18.0	23	-
11	国見・神代	不明	23.0	6.9	28.9	<0.1	<0.02	0.02	77.3	22.7	19.9	21.7	12.0	17.8	4.9	0	-
12	国見・神代	60	21.5	7.8	22.3	<0.1	<0.02	0.13	98.0	5.2	0.3	18.3	2.6	4.8	21.1	0	-
17	有明・高野	70	19.5	5.8	49.9	29.7	<0.02	<0.01	0.5	33.2	48.8	10.8	14.5	13.5	43.0	2	-
			16.4	6.0	51.2	36.0	<0.02	<0.01	7.7	33.8	43.6	15.0	15.5	16.1	52.0	-	0
18	有明・高野	120	19.5	6.6	35.3	22.6	<0.02	0.01	13.0	23.9	11.1	15.0	10.5	10.8	29.0	0	-
			16.4	6.8	36.3	28.0	<0.02	<0.01	16.9	22.9	9.3	15.6	9.6	12.2	28.2	-	0
19	有明・高野	15	18.6	5.9	50.8	22.0	<0.02	<0.01	5.5	29.8	94.8	9.7	11.3	15.1	52.8	10	-
20	有明・高野	20	19.1	5.9	35.7	12.9	<0.02	<0.01	4.1	18.2	73.7	5.3	12.2	8.8	36.6	16000	-
			17.6	6.9	34.9	8.4	0.71	0.51	8.4	27.7	61.2	11.3	10.7	8.8	33.7	-	6
22	有明・高野	100	17.7	7.0	12.2	5.6	<0.02	<0.01	15.0	9.0	63.7	7.2	4.4	3.1	7.5	33	-
			15.4	7.0	15.7	6.1	<0.02	<0.01	16.3	9.6	2.5	8.5	4.7	3.5	7.6	-	0
23	有明・三之沢	55	19.6	6.6	45.5	20.1	<0.02	<0.01	21.0	28.2	62.4	18.4	7.4	16.4	34.8	2	-
			14.2	6.9	46.6	22.0	<0.02	<0.01	21.9	27.6	60.1	20.7	8.1	16.8	35.1	-	0
24	有明・三之沢	45	19.9	6.8	48.5	18.1	<0.02	<0.01	31.0	29.2	79.5	17.1	8.0	18.3	40.1	2	-
			13.0	7.0	48.8	20.0	<0.02	<0.01	29.7	28.0	64.7	15.5	6.8	18.2	39.8	-	0
25	有明・久原	30	19.8	7.0	20.8	4.9	<0.02	<0.01	27.0	12.9	26.5	11.5	4.9	6.1	15.1	0	-
			21.0	6.7	24.5	6.0	<0.02	<0.01	32.2	14.7	33.6	13.5	4.5	7.1	16.1	-	0
26	有明・久原	50	24.9	6.6	28.3	11.2	<0.02	<0.01	18.0	19.9	40.4	11.8	5.9	8.3	21.2	0	-
			13.0	6.8	34.0	13.0	<0.02	<0.01	20.2	23.0	47.5	16.0	5.2	11.2	25.9	-	2
27	有明・久原	不明	17.8	6.5	29.8	10.0	<0.02	<0.01	30.8	21.9	31.3	20.7	11.5	5.3	20.0	-	2
28	舞岳(BG)	-	15.0	7.2	8.3	0.1	<0.02	<0.01	34.3	2.9	0.9	6.1	3.8	1.9	4.7	-	0
30	国見・轟木	48	21.0	6.6	30.1	12.7	<0.02	<0.01	25.0	17.8	25.0	10.3	4.6	11.2	23.2	0	-
31	国見・馬場第二	不明	20.5	6.6	28.3	12.4	<0.02	<0.01	36.0	15.5	29.2	10.8	2.7	11.1	23.6	2	-
32	有明・高野	25	18.8	5.8	41.8	22.8	<0.02	<0.01	9.0	19.8	66.3	8.0	12.6	8.7	46.0	240	-
33	有明・高野	110	19.4	6.4	34.6	19.9	<0.02	<0.01	8.5	26.4	29.3	14.9	12.0	9.7	24.9	2	-
34	有明・高野	90	17.6	6.3	28.7	14.9	<0.02	<0.01	11.0	21.0	19.1	11.2	9.4	8.4	20.5	0	-
35	有明・高野	80	19.0	6.7	25.8	17.8	<0.02	<0.01	10.0	18.5	6.1	10.9	7.5	7.3	15.2	2	-
36	有明・高野	10	19.0	5.9	49.3	26.7	<0.02	<0.01	8.0	33.5	45.6	13.8	12.5	14.6	46.1	3500	-
37	有明・三之沢	50	18.5	6.6	34.9	17.8	<0.02	<0.01	15.0	27.5	50.7	15.1	8.4	11.5	26.6	22	-
38	有明・三之沢	50	18.8	6.6	33.8	12.3	<0.02	<0.01	25.0	19.5	45.0	14.4	7.7	12.2	27.7	0	-
39	有明・三之沢	15	20.2	6.4	32.6	14.8	<0.02	<0.01	19.0	43.0	34.1	19.6	6.1	9.3	19.2	13	-
40	有明・久原	不明	18.6	6.6	29.1	8.4	<0.02	<0.01	32.0	20.3	34.2	12.4	7.2	9.7	22.6	0	-
41	有明・久原	40	18.8	7.1	22.1	5.8	<0.02	<0.01	32.0	13.1	25.6	12.1	5.2	6.9	16.3	0	-

備考) No.19,21 地点(平成14年度)については地下水枯渇のため欠測

iii) 大腸菌群数、糞便性大腸菌数

- ・大腸菌群数は最高値はそれぞれ13年度 1.6×10^4 、14年度 1.4×10^2 であった。
- ・糞便性大腸菌は前年度大腸菌群数が高かった No.20 地点において検出され、その他2地点において検出された。
- ・大腸菌群数の分布は表4-3-6のとおりであった(舞岳源水を除く)。

表 4-3-6 大腸菌群数

年度	$\sim 1.0 \times 10^2$	$\sim 1.0 \times 10^3$	$\sim 1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4 \sim$
平成 13 年度	23	2	2	1
平成 14 年度	6	2	0	0

備考) 平成 14 年度は国見町のみ

iv) トリリニアダイアグラム

各イオン成分の等量濃度からトリリニアダイアグラムを作成した(図 4-3-7、図 4-3-8)。結果は以下のとおりである。

- ・ 菱形座標においてはプロットが非重炭酸型領域の一部分に集中していた 13 年度の結果に対して 14 年度はプロットが重炭酸型の領域方向に散在しており、10 年度～12 年度の島原半島の調査結果をプロットした形(図 4-3-9)に類似していた。
- ・ 13 年度では 1 地点が、また 14 年度では 3 地点が「アルカリ土類 - 重炭酸塩型」に分類された。それ以外は全て「アルカリ土類 - 非重炭酸塩型」であった。
- ・ 三角座標における陽イオンのプロットは 2 ヶ年とも類似していた。
- ・ 舞岳源水については本来の不圧地下水または被圧地下水が示す領域にプロットが位置しており、自然形地下水に近い水質であることがわかる。

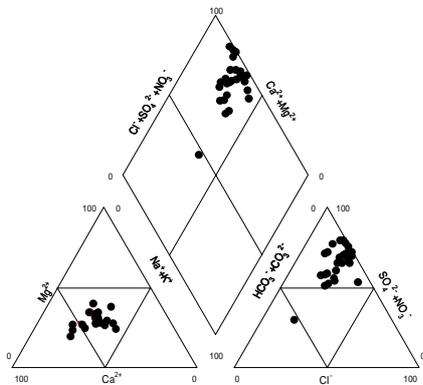


図 4-3-7 トリリニアダイアグラム (H13 年度)

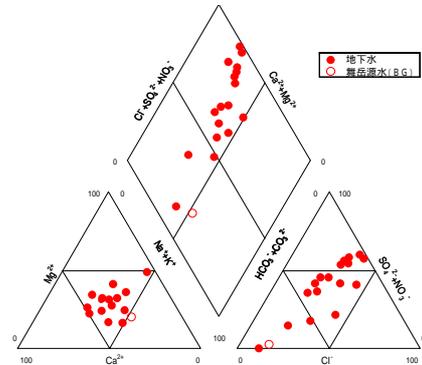


図 4-3-8 トリリニアダイアグラム (H14 年度)

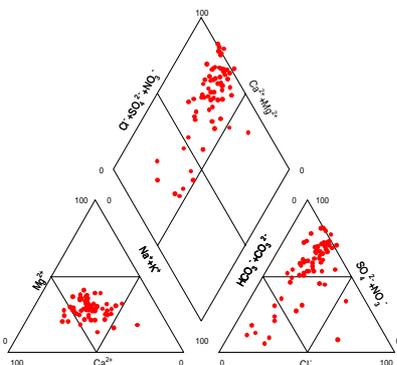


図 4-3-9 トリリニアダイアグラム (H10～12 年度)

v) ヘキサダイアグラム

各イオン成分の等量濃度からヘキサダイアグラムを作成した(図 4-3-10 ~ 図 4-3-12)。結果は以下のとおりである。

- ・一部の地点を除き、陽イオンは 13 年度と 14 年度は類似した形状を示した地点が多かった。
- ・全体的に 13 年度と比較して 14 年度は硝酸性窒素濃度が減少していることがわかる。

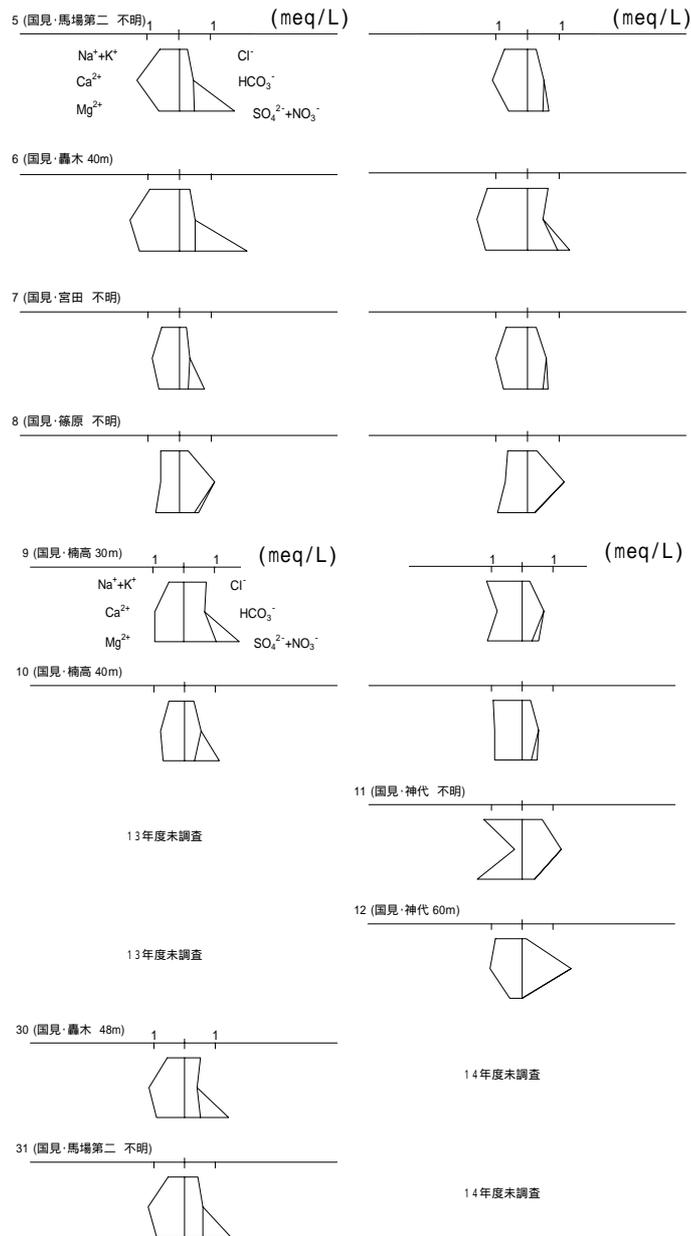


図 4-3-10 国見町地下水ヘキサダイアグラム(左側 13 年度、右側 14 年度)

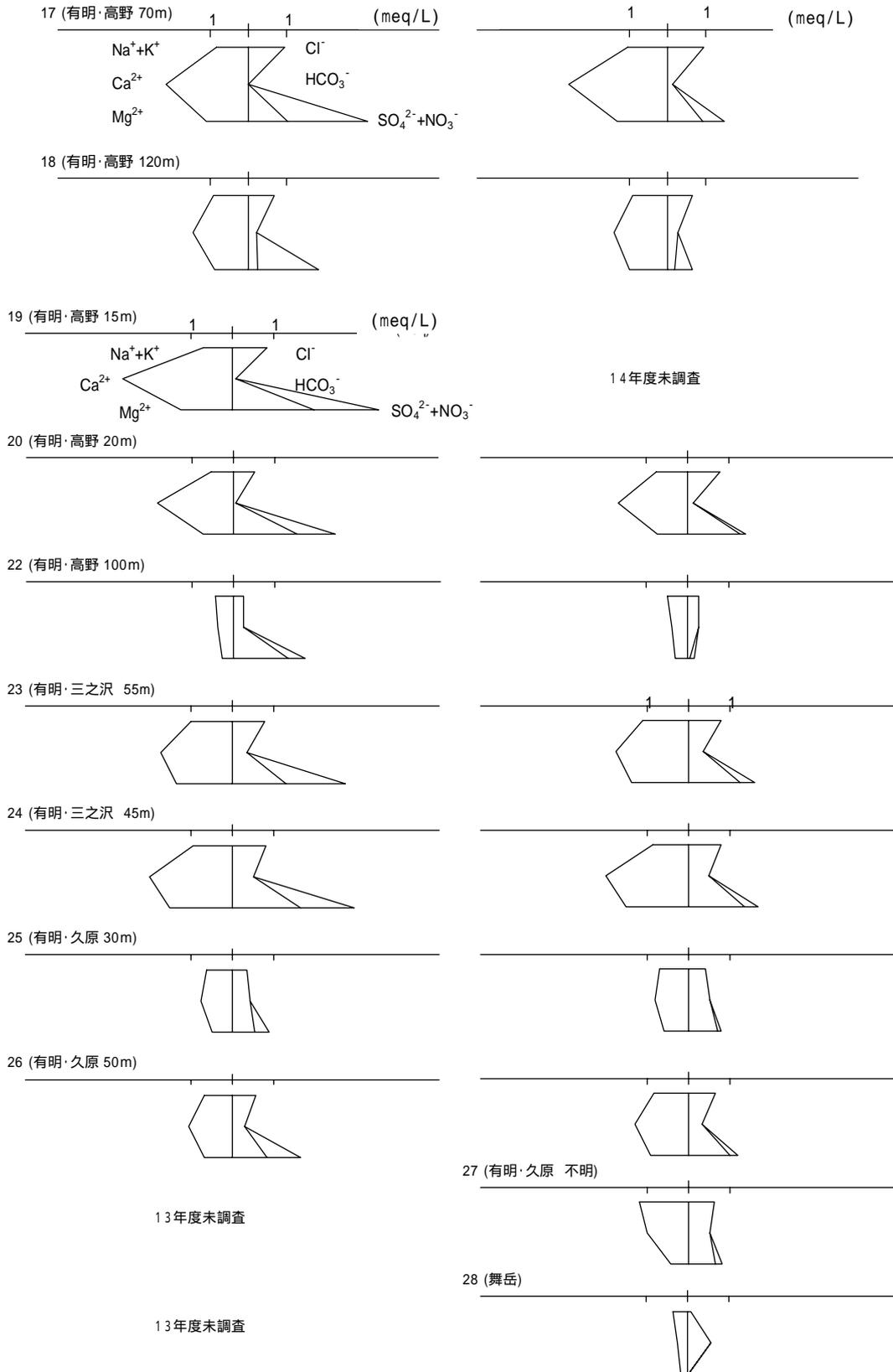


図 4-3-11 有明町地下水ヘキサダイアグラム(左側 13 年度、右側 14 年度)

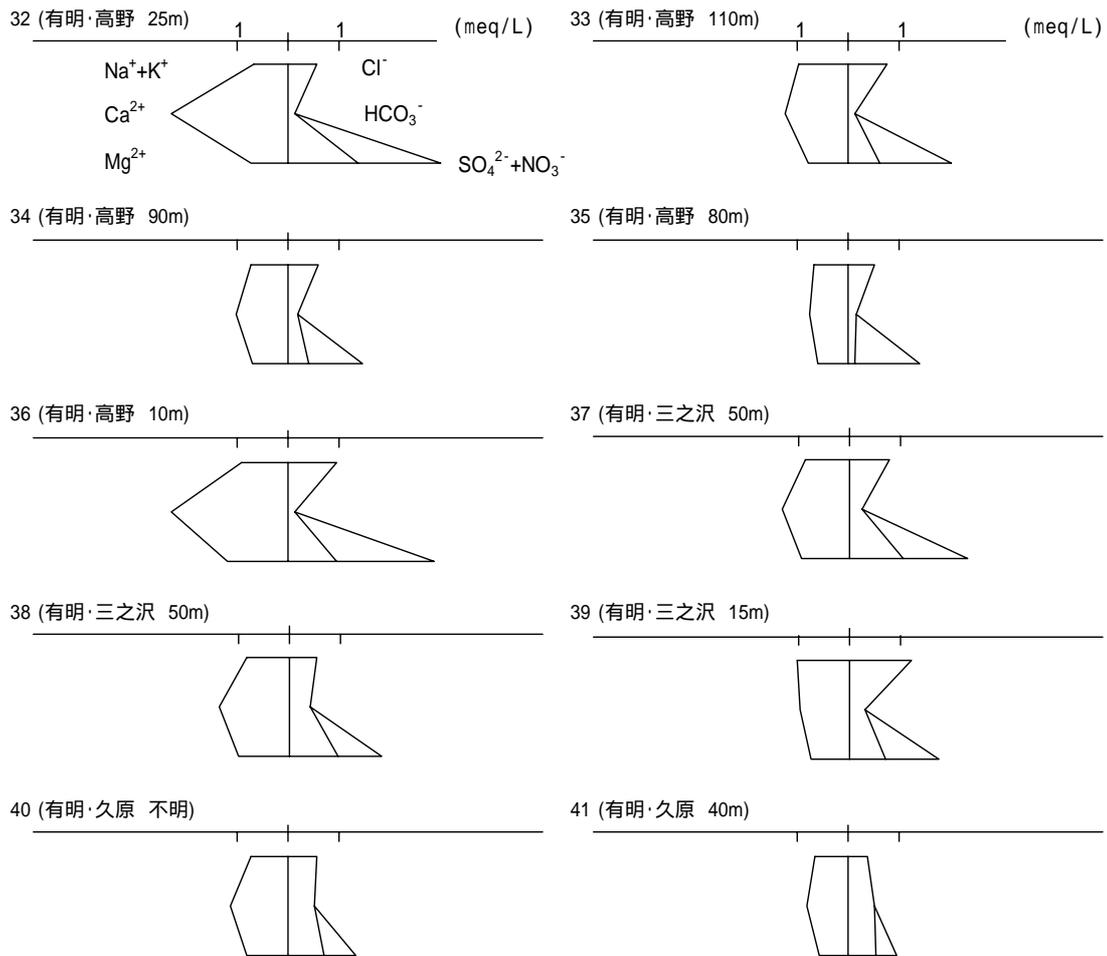


図 4-3-12 有明町地下水ヘキサダイアグラム(13年度調査分)

ウ) 河川水質調査

a) 調査の概要

調査は土黒川については平成 13 年 10 月および平成 14 年 8 月に、また湯江川については平成 13 年 10 月および平成 14 年 11 月にそれぞれ実施した(調査地点は表 4-3-3、図 4-3-5、図 4-3-6 参照)。調査項目、方法は地下水質調査と同様(大腸菌群は実施せず)表 4-3-4 のとおり行った。

b) 分析結果

分析結果、トリリニアダイアグラム、ヘキサダイアグラムについて、それぞれ表 4-3-7、図 4-3-13、図 4-3-14、図 4-3-15、図 4-3-16 に示した。

i) 土黒川(国見町)

- ・ 2 ヶ年とも特に最上流から上流にかけて硝酸イオンの濃度が大きく上昇していた。また、上流から下流にかけては大きな濃度差はみられなかった。
- ・ トリリニアダイアグラムは最上流を除いては 2 ヶ年のプロットに大きな差はみられなかった(最上流の 2 ヶ年のプロットがやや離れているのは陰イオン

の組成比の違いが影響している。

- ・ヘキサダイアグラムから全体的に各イオン成分は13年度に対して14年度は下流方向ほど、より大きく増加していることがわかる。

ii) 湯江川（有明町）

- ・2ヵ年とも土黒川同様に最上流から上流にかけて硝酸イオン濃度が大きく上昇しており、4地点の中では上流が最大濃度であった。
- ・上流では硝酸イオン濃度以外に、全窒素濃度やカルシウムイオン濃度も高い値であった。
- ・トリリニアダイアグラムは各地点とも2ヵ年のプロットに大きな差はなかった。
- ・2ヵ年のヘキサダイアグラムを各地点で比較すると、最上流から中流では類似した形状であったが下流の形状が異なっていた。

表 4-3-7 河川水質調査結果

上段:平成13年度 下段:平成14年度

河川名	地点名	気温	水温	pH	EC	T-N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	アルカリ度	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
		()	()		(mS/m)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
土黒川 (国見町)	最上流	12.9	10.0	6.6	10.0	1.10	0.93	<0.02	<0.01	18.1	6.2	1.6	5.5	3.4	1.1	5.0
		34.5	23.5	7.2	7.9	0.70	0.50	<0.02	<0.01	26.6	2.9	2.1	4.0	3.7	1.4	4.3
	上流	12.0	11.0	6.9	18.3	3.75	3.70	<0.02	0.02	28.2	9.9	4.4	7.9	3.6	2.7	8.4
		30.5	25.0	7.5	16.7	3.90	3.80	0.02	0.01	37.7	9.2	9.8	11.0	5.7	4.3	14.9
	中流	11.9	11.5	7.2	19.7	4.98	4.94	<0.02	0.02	27.1	11.8	10.2	7.3	4.3	3.0	10.9
		32.5	26.0	6.9	23.2	4.60	4.60	<0.02	<0.01	40.6	12.3	20.2	12.0	6.8	6.0	20.6
	下流	14.0	12.2	8.2	23.5	3.46	3.45	0.02	0.01	34.6	12.6	10.7	9.6	4.1	3.9	12.5
		32.0	28.0	7.2	24.1	2.80	2.30	<0.02	<0.01	53.9	13.5	20.2	9.1	5.8	5.8	22.9
湯江川 (有明町)	最上流	12.4	9.5	7.2	7.3	2.57	2.41	<0.02	0.01	26.7	8.1	5.2	4.8	2.7	1.9	9.6
		17.0	12.0	8.0	4.8	3.40	3.00	<0.02	0.02	20.2	4.4	2.4	5.3	3.4	1.7	8.3
	上流	14.8	12.5	7.3	12.8	10.00	8.63	<0.02	0.01	27.4	11.9	9.5	8.7	5.8	3.5	14.5
		17.8	14.4	7.5	21.2	10.00	9.70	<0.02	0.01	32.0	10.4	9.6	10.8	7.6	4.8	14.9
	中流	12.8	15.5	7.2	15.4	9.22	7.73	<0.02	0.02	27.2	14.4	12.1	7.3	5.3	4.3	12.1
		18.2	15.1	7.5	22.3	8.50	8.00	<0.02	0.01	33.9	13.4	13.3	9.7	6.3	6.1	6.5
	下流	12.4	10.5	7.7	15.8	8.31	7.75	<0.02	0.02	30.3	16.0	30.4	13.1	4.7	4.5	11.5
		19.2	15.5	7.4	23.7	7.20	7.10	<0.02	<0.01	37.0	14.7	20.6	9.0	5.2	4.8	19.9

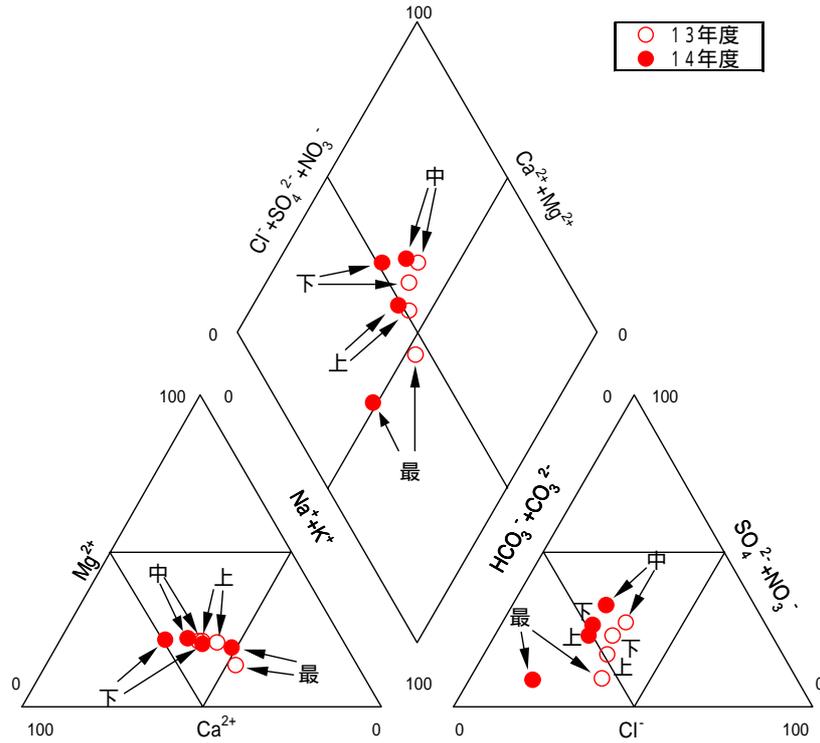


図 4-3-13 土黒川トリリニアダイアグラム

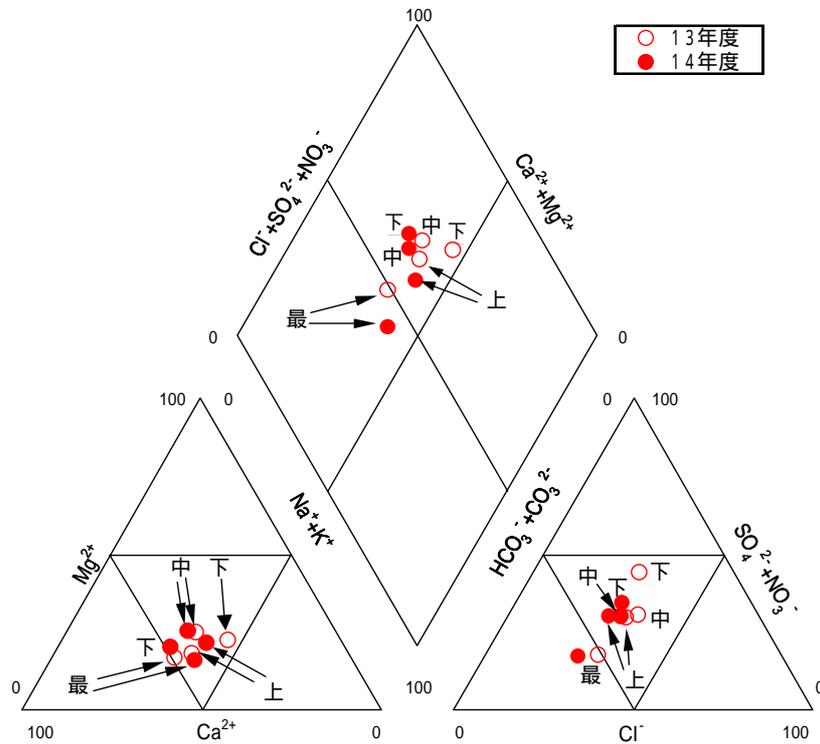


図 4-3-14 湯江川トリリニアダイアグラム

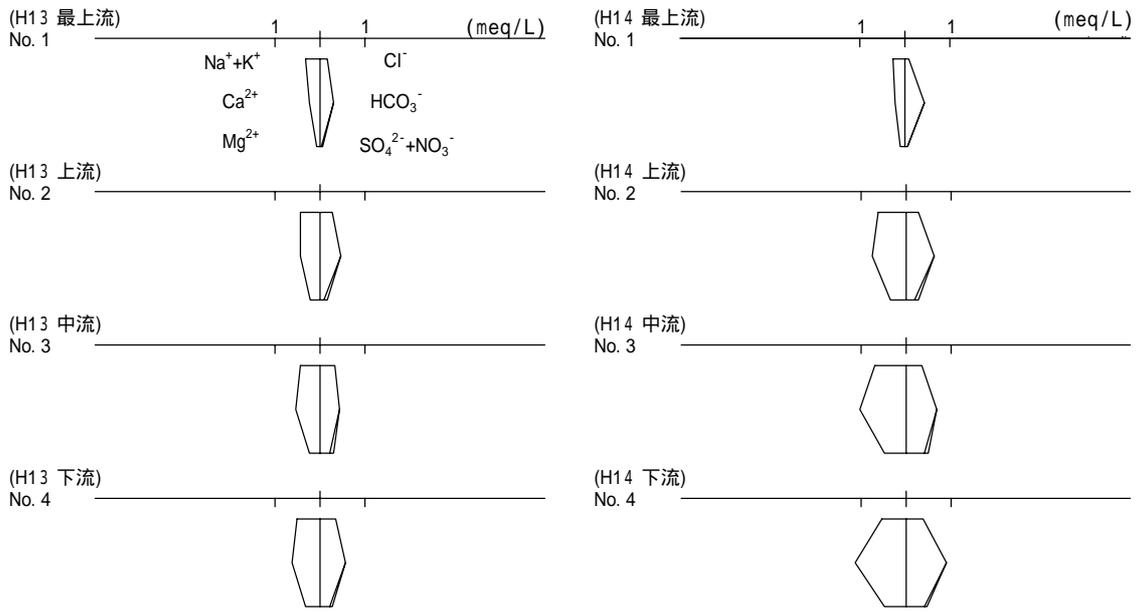


図 4-3-15 土黒川ヘキサダイアグラム

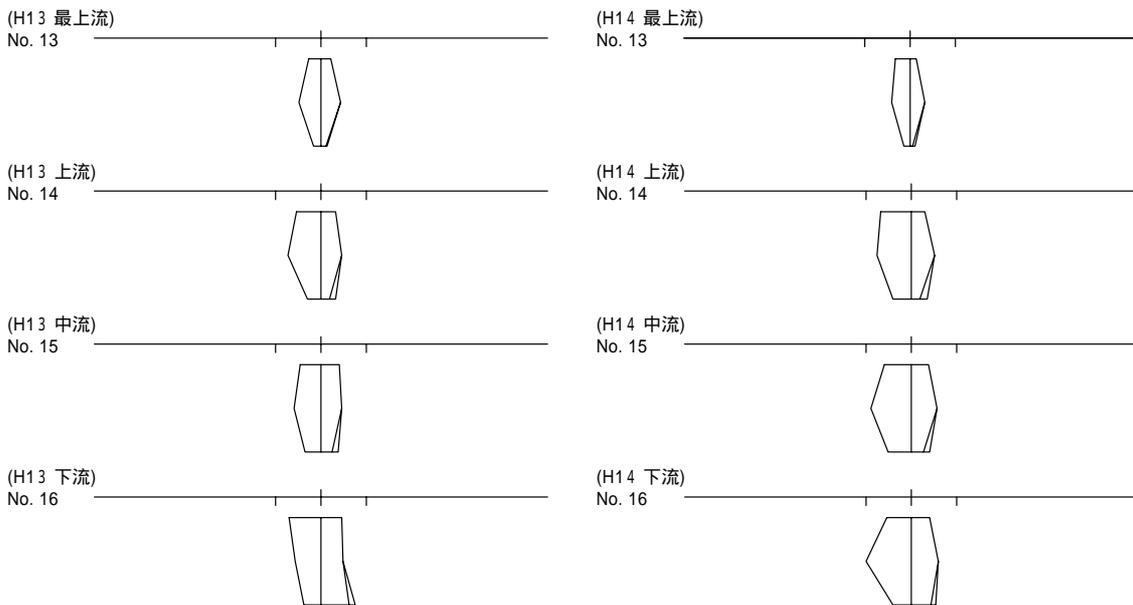


図 4-3-16 湯江川ヘキサダイアグラム

工) 窒素安定同位体比調査

a) 調査の概要

窒素には ^{14}N と ^{15}N との 2 つの安定同位体が存在し、大気中での存在比は 99.635% と 0.365% とほぼ一定である。また、窒素供給源の種類によってこの 2 つの安定同位体の存在比がほぼ一定の範囲に収まる性質があることから、この性質を利用して地下水の窒素の供給源を推定する方法である。 $\delta^{15}\text{N}$ 値とは、対象物質の安定同位体比を大気を基準として千分率で表したものであり (1) 式により算

出される。

$$\delta^{15}\text{N 値}(\text{‰}) = \{ (R \text{ 試料} / R \text{ 大気}) - 1 \} \times 1000 \quad \text{----- (1)}$$

$$R : {}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N}, R \text{ 大気} : 3.663 \times 10^{-3} (= 0.365\% / 99.635\%)$$

この $\delta^{15}\text{N}$ 値は降水で 8 ~ 2 ‰、化学肥料で 7.7 ~ 6.8 ‰、家畜糞尿で 10 ~ 22 ‰、下水処理水で 8 ~ 15 ‰などの値が報告されており、これらの値を目安として地下水の窒素安定供給源を推定する(図 4-3-17)。

b) 分析結果

平成 14 年度に採水を行った舞岳源水を除く地下水 18 検体と河川 8 検体について分析を行った。結果について表 4-3-8、図 4-3-17、図 4-3-18 に示した。

i) 地下水

${}^{15}\text{N}$ 値(‰) 3.5 ~ 9.9 であった。この結果から供給源として畑地耕土、有機物施用土壌、化学肥料、下水処理水などが推定される。また、一部の地点では局地的に高い大腸菌群数が検出され、さらに糞便性大腸菌も検出されている地点があることから家畜糞尿(10 ~ 22 ‰)の影響も考えられる。硝酸性窒素濃度と ${}^{15}\text{N}$ 値の散布図では有明町、国見町ともにばらついており、相関性を示さなかった。

ii) 河川

湯江川については ${}^{15}\text{N}$ 値(‰) 3.8 ~ 9.2 であり、地下水と同様な供給源が推定される。また、土黒川については 6.7 ~ 10.5 と地下水と比較するとやや高い値を示した。このことから供給源として畑地耕土、有機物施用土壌、化学肥料、下水処理水以外に加えて家畜糞尿の影響も考えられる。硝酸性窒素濃度と ${}^{15}\text{N}$ 値の散布図では湯江川、土黒川ともに上流と下流のプロットが比較的接近していた。

表 4-3-8 窒素安定同位体比分析結果

地下水			河川		
地区	No.	¹⁵ N (‰)	河川名	No.	¹⁵ N (‰)
国見町	5	6.6	土黒川	1 (最上流)	6.7
	6	6.1		2 (上流)	10.2
	7	3.5		3 (中流)	7.9
	8	8.5		4 (下流)	10.5
	9	4.8	湯江川	13 (最上流)	3.8
	10	5.8		14 (上流)	8.2
	11	-		15 (中流)	9.2
12	-	16 (下流)		8.1	
有明町	17	7.3			
	18	6.8			
	20	7.0			
	22	3.8			
	23	4.7			
	24	5.4			
	25	7.7			
	26	5.7			
	27	9.9			

No.11、12 については検体の窒素濃度が低く、濃縮後分析を行ったが検出できなかった。

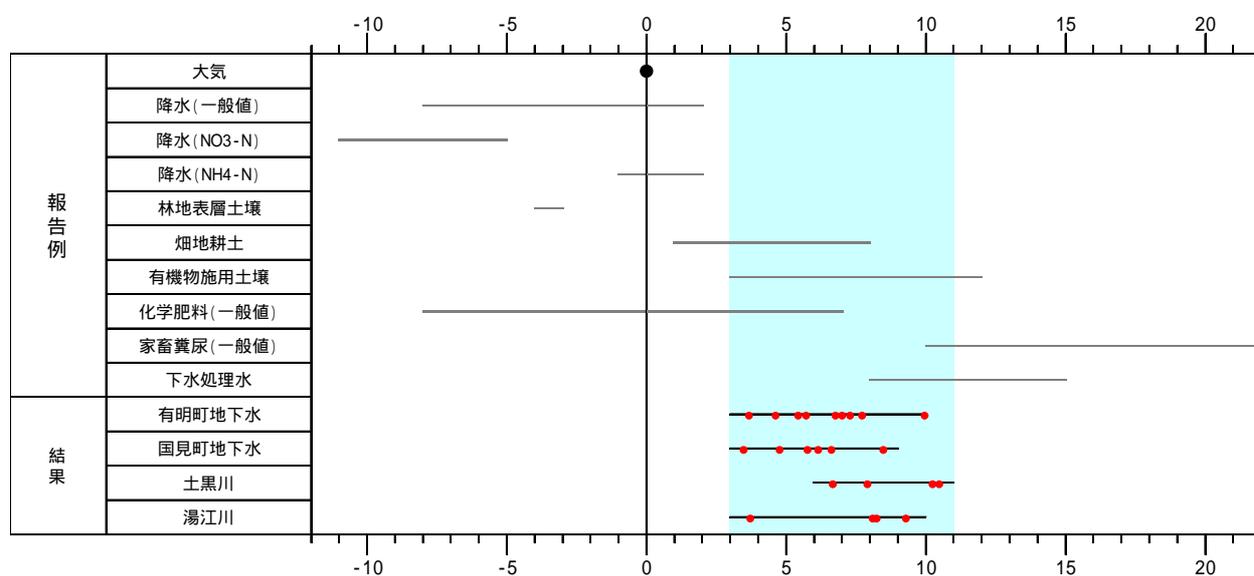


図 4-3-17 ¹⁵N 値の報告例と分析結果

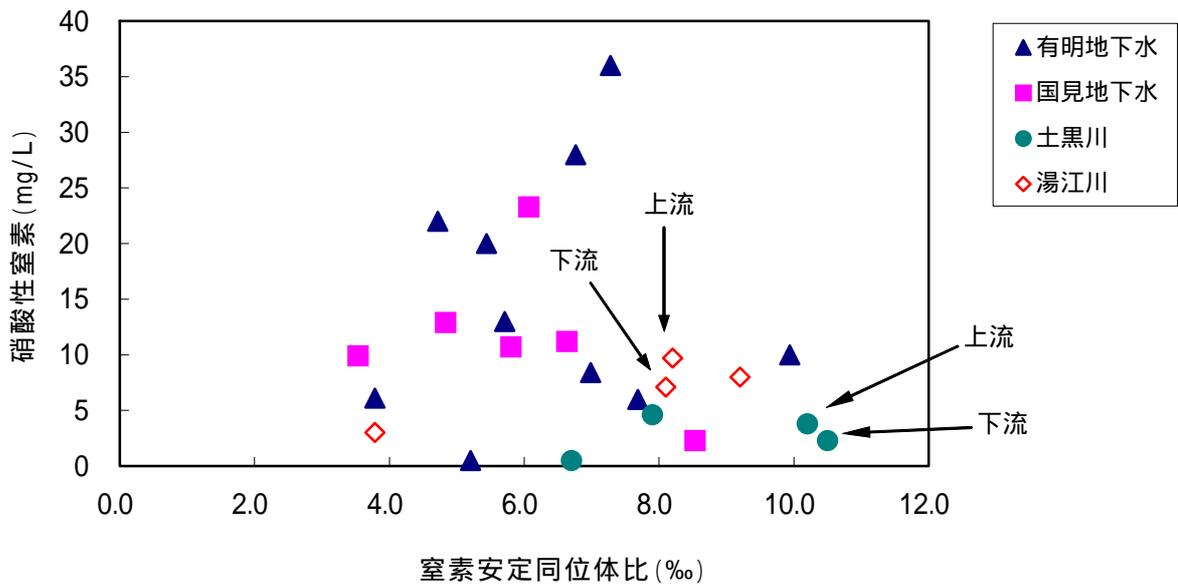


図 4-3-18 ^{15}N 値と硝酸性窒素濃度の散布図

2) 窒素負荷量調査

ア) 概要

現地の状況より、土壌への窒素分の主な供給源として考えられる降水、施肥及び家畜排せつ物に関して負荷量の概算を行った。

両町の面積及び土地利用状況を図 4-3-19 に示す。土地利用状況は、上流側より、山林、果樹園、畑、田、住宅地の順で分布している。畑地面積が水田の面積と比較して大きいということがこの地域の特色の一つである。

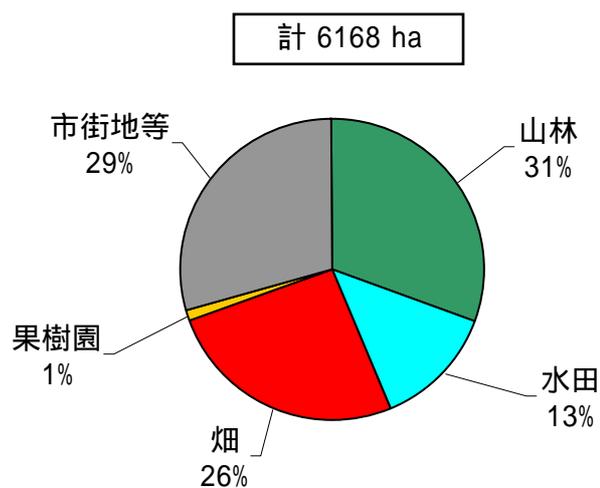


図 4-3-19 有明町・国見町の土地利用状況
(平成 11 年度 環境省有明海水質保全調査より)

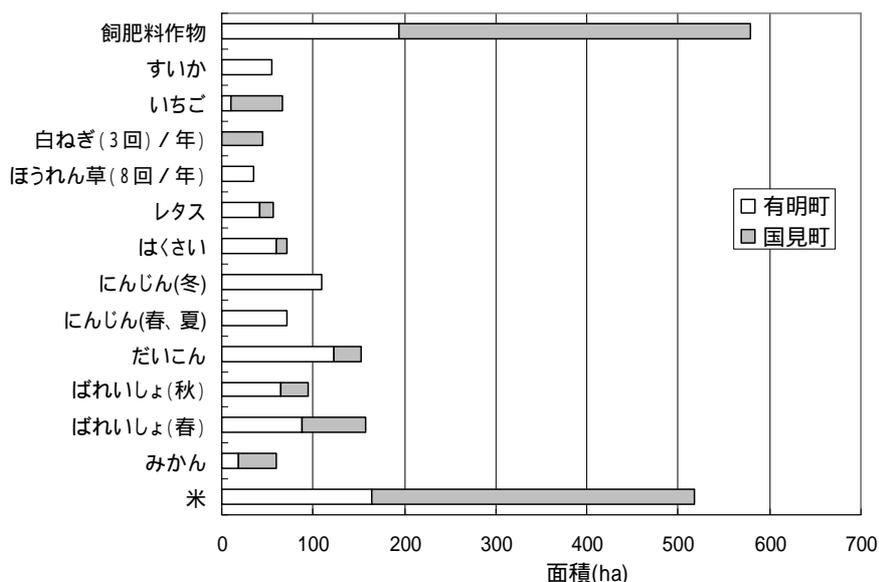


図 4-3-21 有明町・国見町で栽培されている主な作物及びその栽培面積
(九州農政局長崎統計情報事務所編平成 12 年度園芸・工芸農作物・花卉市町村別統計より)

表 4-3-9 主な作物についての標準的な窒素投入量(推定値)

栽培作物	作付け面積(ha)			標準窒素施肥量 (kg/ha/year)	施肥窒素量(トン/year)
	有明町	国見町	両町計		
飼肥料作物	194	385	579	22	13
すいか	55	-	55	165	9
いちご	10	57	67	236	16
白ねぎ(3回/年)	-	45	45	48	6
ほうれん草(8回/年)	35	-	35	120	34
レタス	42	14	56	224	13
はくさい	60	12	72	214	15
にんじん(冬)	110	-	110	160	18
にんじん(春、夏)	71	-	71	96	7
だいこん	123	29	152	74	11
ばれいしょ(秋)	65	30	95	144	14
ばれいしょ(春)	88	70	158	160	25
みかん	18	42	60	210	13
米	164	354	518	58	30
両町計	1035	1038	2073		223
両町計(畑のみ)	871	684	1555		193
畑地への窒素施肥量(kg/ha/year)				124	

畑地への窒素施肥量 (124kg/ha/year) = 施肥窒素量(193t/year)÷作付け面積(1,555ha)×1,000

オ) 家畜排せつ

両町では畜産業も盛んであり、河川の中上流域を中心に、大小様々な関連施設が点在している。

両町における牛、豚、鶏の飼育頭(羽)数(H13有明海水質保全調査結果より)および文献に示されている原単位(硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染対策マニュアル、平成13年環境省)から、両町で発生する窒素の量を算出した(表4-3-10)。

表 4-3-10 飼育頭数及び窒素発生量(推定値)

	飼育頭(羽)数			原単位(Kg/頭・年)		発生量(トン/年)		
	有明	国見	計	糞	尿	糞	尿	糞+尿
牛	2,999	3,792	6,791	22.9	30.4	156	206	362
豚	41,063	5,095	46,158	3.0	9.5	138	439	577
鶏	903,898	151,700	1,055,598	1.0		1,056	0	1,056
合計						1,350	645	1,995

表 4-3-10 より窒素の発生量は約 1,995 トン/year と算出された。現地の家畜排せつ物の処理状況は、県の調査によると 15 年 4 月現在で 7 割程度が適正に処理されており、土壌には残りの 3 割に相当する約 598 トン/year が供給されていると推定される。ただし、この 598 トン/year についても、大半が堆肥化された後に土壌に供給されているため、実際に土壌へ供給される窒素量は更に少ないものと考えられる。

カ) 窒素施肥量

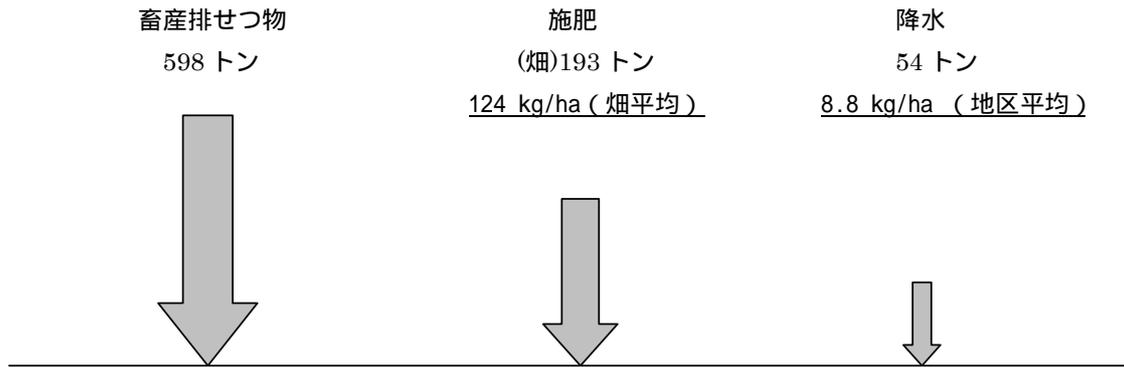
降水、施肥、畜産系について土壌への窒素施肥量の試算結果を図 4-3-22 に示した。

降水に起因する窒素の量は全国の他の地域と大きな差はなく、汚染を引き起こす要因ではないと考えられる。

施肥に関しては現地で栽培されている個々の作物の標準施肥量を算出したが、特に施肥量が多い作物はなかった。

家畜排せつ物に関しては窒素安定同位体比調査では一部の地点を除いて影響をほとんど受けていないことが示唆されたにもかかわらず、算出値は施肥量の 3 倍近くにのぼり、また降水と比較しても極めて大きいことがわかった。今回の調査ではその影響を詳しくは把握できなかったが、今後、本事業を実施していくうえでは、特に畜産施設近くで高濃度の硝酸性窒素が検出された井戸を重点的に水質調査および窒素安定同位体比調査を実施し、汚染経路を含めた影響を解明していくことが重要と思われる。

また、これら以外に加えて窒素安定同位体比調査から示唆された土壌(畑地耕土、有機物施用土壌、化学肥料施用土壌等)、さらには生活排水の影響も考えられる。



注) 家畜排せつ物 598 トンは、窒素の発生量 (約 1,995 トン) から適正処理量 (約 7 割) を差し引いた値である。また、598 トンの大半は堆肥化された後に土壤に供給されているため、実際に土壤へ供給される窒素量はこれより少ないものと考えられる。

図 4-3-22 土壤への窒素供給量(年間あたり)

(4) 負荷低減計画の策定

1) 計画策定における関係機関等の連絡体制

ア) 窒素負荷低減対策会議及び庁内等窒素負荷低減対策会議

a) 窒素負荷低減対策会議

目的：窒素負荷低減対策計画を策定し、計画の実践及び進行管理（効果の評価）を行い硝酸性窒素汚染対策の推進を図る。

構成委員	県環境部局	環境政策課長、廃棄物・リサイクル対策課長、 水資源政策室長、県南保健所長
	県農林部局	農政課長、農業技術課長、農産園芸課長、畜産課長、 島原振興局農林部長、 島原農業改良普及センター所長
	関係町	有明町長、国見町長
	オブザーバー	衛生公害研究所長、総合農林試験場長、 畜産試験場長

b) 庁内等窒素負荷低減対策会議

目的：事業を推進するうえで計画策定に対する助言、情報収集を図るとともに、関係地方機関との連絡・調整を行うための庁内関係各課等連絡会議である。

構成委員	県環境部局	環境政策課、廃棄物・リサイクル対策課、 水資源政策課、衛生公害研究所の実務担当者
	県農林部局	農政課、畜産課、農業技術課、 農産園芸課の実務担当者

2) 計画策定に係る検討経過

a) 平成 13 年度

- ・窒素負荷低減対策会議 年 1 回開催

(1 回目)

日時：平成 13 年 11 月 28 日

内容：・硝酸性窒素総合対策推進事業の説明

- ・窒素負荷低減対策会議設置要綱

- ・和歌山大学の平田教授の講演

- ・庁内等窒素負荷低減対策会議 年 1 回開催

(1 回目)

日時：平成 13 年 11 月 9 日

内容：・硝酸性窒素総合対策推進事業の主旨、内容を説明

- ・庁内等窒素負荷低減対策連絡会議の設置

- ・窒素供給量調査の説明

b) 平成 14 年度

- ・庁内等窒素負荷低減対策会議 年 2 回開催

(1 回目)

日時：平成 14 年 5 月 14 日

内容：・平成 13 年度事業の経過、内容の報告

- ・平成 14 年度事業計画の説明

(2 回目)

日時：平成 15 年 3 月 18 日

内容：・硝酸性窒素総合対策推進事業の経過報告

- ・硝酸性窒素総合対策推進事業内容の報告

3) 計画の内容

地下水質調査では全体的に施肥・土壌中和剤の影響を受けていることが示唆されたが、窒素投入量調査から個々の作物についての施肥量はとりわけ高いものではないと思われる。

畜産系に関しては、一部の井戸において局地的に高い大腸菌群が検出され、さらには糞便性大腸菌が確認される地点が見られたことから地下水質への影響が示唆される。

今回の窒素供給量調査において算出された値は家畜排せつ物および施肥が、降水と比較して極めて高いことから、これらの及ぼす影響が大きいことが示唆される。また、これらの供給源に加えて生活排水の影響も受けていることが考えられる。

汚染経路については今回の調査では詳しく把握することはできなかったが、今後は以下のような施肥対策、畜産対策及び生活排水対策を推進するとともに、地下水の定期モニタリングによって監視を続けていくこととする。

ア) 施肥対策

平成 11 年に「持続性の高い農業生産方式の導入に関する法律」が制定され、環境保全型農業を推進するための具体的な方式が明記された。この法律において示された、土作りを基本として、化学肥料・化学農薬の使用量を低減する農業生産方式を導入する農業者を「エコファーマー」として認定しており、平成 15 年 9 月末現在で、全国で 34,429 名が認定されている。

長崎県では、平成 22 年度に 2,200 名を目標に関係機関と連携して啓発・推進しており、平成 14 年度末には 1,215 名、平成 15 年 11 月 19 日現在では 1,627 名が認定されている。

有明町・国見町においては、にんじん、ねぎ、だいこん等で約 180 名が取り組んでおり、今後も増加の見込みであるが、面的広がりを確保するために引き続き実証展示、有機物の施用基準の検討を行いながら啓発推進を図っていく。

イ) 畜産対策

有明町、国見町には、平成 15 年 4 月現在で、乳用牛 39 戸、肉用牛 137 戸、養豚 26 戸、採卵鶏 29 戸、ブロイラー 5 戸の計 236 戸の農家が存在する。このうち、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」による一定規模（牛：成牛 10 頭以上、豚 100 頭以上、鶏 2,000 羽以上）以上の農家は、乳用牛 35 戸、肉用牛 45 戸、豚 21 戸、採卵鶏 28 戸、ブロイラー 3 戸の計 132 戸（平成 15 年 4 月現在）である。そのうち 7 割以上の農家が適正処理しており、残りの農家についても、平成 16 年 10 月までに不適正処理の解消を図るため下記のような対策を実施していく。また、一定規模未満の小規模農家についても、同様な対策を実施することで不適正処理の解消を図っていく。

a) 家畜ふん尿の適正処理

家畜排せつ物については、野積み・素堀り等の不適正処理を解消し、地下浸透等を防ぐことで環境の保全を図る。必要に応じては、発酵処理施設、浄化処理施設等の整備を行い、適正処理に努める。

b) 有機性資源の有効利用

家畜排せつ物の適正処理により生成された堆肥は、有機性資源として有効利用を図る。有効利用に当たっては、耕種農家との連携強化を図り、利用の促進に努める。

c) 畜舎施設等の整備と管理の適正化

畜舎施設等の整備により汚水等の農場への流出を防ぐとともに、悪臭の発生または衛生害虫の発生防除等に努める。

ウ) 生活排水対策

生活排水による汚濁負荷を削減するためには、下水道、農業集落排水施設、浄化

槽等の生活排水処理施設の整備が必要であるが、有明町、国見町における生活排水処理率は、平成 14 年度末現在、有明町 23%、国見町 27%である。

今後は、地域の実情等に対応した生活排水処理施設の整備に努め、生活排水処理率の向上を図っていくこととしており、有明町では下流側を特定環境保全下水道事業で整備を進め、上流側を市町村設置型浄化槽により整備を行う予定としており、また、国見町では特定環境保全下水道事業が平成 17 年度から実施される予定である。

エ) 地下水定期モニタリング

水質汚濁防止法第 15 条では、都道府県知事に地下水の水質汚濁状況の常時監視を義務づけている。また同法第 16 条では、都道府県知事は毎年測定計画を作成するよう定めている。これまで県では毎年地下水質測定計画を定め、これに基づき地下水質調査を実施している。

そこで、有明町、国見町の硝酸性窒素による地下水汚染を引き続き監視し、また、上記の負荷低減対策の効果を把握するために、概況調査、汚染井戸周辺地区調査及びこの事業で実施した地下水質調査等を考慮して地点を選定し、定期モニタリング調査を実施していく予定である。

(5) 今後の課題点

- ・ 帯水層分布調査、ボーリング調査を実施し、地質および地下水流動経路を把握する。このことによりどの部分（地域）の施肥や家畜糞尿の影響が出ているかをより詳しく推定することができる。
- ・ 放射性同位体比調査のデータ数が不十分であるが、今後、調査データを増やしていくことにより傾向をつかむことができる。どのあたりの数値に収束していくか、収束した値により汚染源を推定すればさらに信頼性が高まる。
（1 年だけのデータでは偶然その値になったとも考えられるので、少なくとも同じ地点で 3 年間以上は継続してデータを取るにより汚染源の推定がより確実なものになると考えられる。）
- ・ 深さと硝酸性窒素濃度の相関をとり、深い部分まで汚染が広がっているか把握する。
（今回の調査では井戸の深度は所有者の聞き取り調査によるものなので信頼度が低い。）

汚染が深い部分まで広がっている場合は汚染は深刻なものであり、具体的な汚染源があるはずである。その部分を突き止めて対策を講じていくことが必要である。

4.4 熊本県

(1) 調査地域の概要

1) はじめに

熊本県は、県下の水道水源の約8割を地下水に依存するなど、全国的にも大変地下水に恵まれた地域である。とりわけ、県人口の約半数に当たる97万人を要する熊本地域は、生活用水の全てを地下水でまかなっているほか、工業、農業等の産業用水としても多くの地下水を利用しており、IC等の先端産業から農作物栽培まで、清冽で豊富な地下水を使った産業が育っている。

硝酸性窒素による地下水汚染の拡大が全国的に問題となっているが、豊富な地下水を誇る熊本県も例外ではなく、県内の台地部を中心にほぼ全域の井戸水から、硝酸性窒素が検出されており、約半数の市町村においては環境基準を超過する井戸が確認されている状況である。また、県下120地点の定点における平成4年度から14年度までの調査結果では、平成4年度の全定点の平均2.17 mg/Lに比べ、14年度平均は2.66 mg/Lとやや上昇傾向にある。

このような状況を踏まえ、県では、広域的或いは高濃度の汚染が見られる荒尾地域及び熊本地域等を中心に実効ある対策を進めていくこととし、まずは荒尾地域での硝酸性窒素削減計画の策定を行ったところである。今後この地域での取組みを、県内の他地域へも広めていくこととしているが、硝酸性窒素削減対策の検討を進めている全国の自治体の参考になれば幸いと考えている。

2) 調査地域

荒尾市は、熊本県の北西部に位置し、北は福岡県大牟田市、西は有明海を隔てて、長崎県及び佐賀県を望む。また、東西8 km、南北7 km、総面積57.2km²の市域をもつ(図4-4-1)。

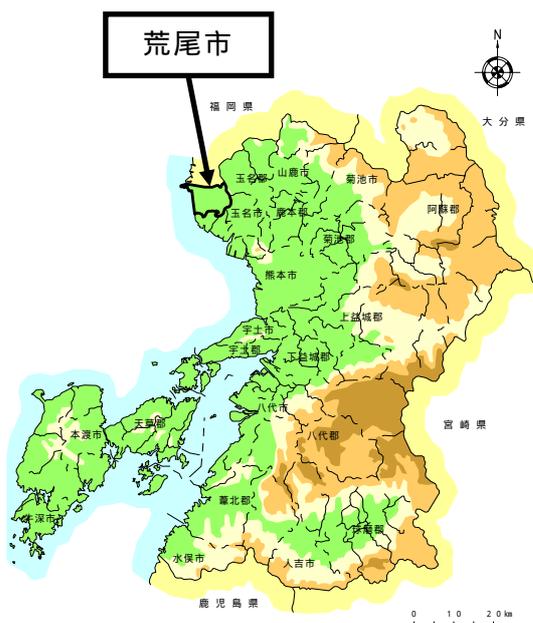


図 4-4-1 荒尾市位置図

以下の理由から硝酸性窒素総合対策推進事業のモデル地区に荒尾地域を選定した。

- 環境基準を超過している井戸が多く見られること
- 地下水を飲用水として利用していること
- 水道水源井における硝酸性窒素濃度の平均値が上昇傾向を示していること
- 汚染原因等対象地域の状況が詳細に把握できていること
- 汚染源と考えられる窒素排出源が今なお存在していること

3) 地形

熊本県北西部に発達した玉名平野に位置し、荒尾市東部には筒ヶ岳（標高 501m）や観音岳（標高 473m）など標高 500m 前後の花こう岩からなる小岱山の小～中起伏山地が分布し、その周辺部には、起伏量 200m 以下の花こう岩類や溶結凝灰岩からなる火山性丘陵地が分布する。さらに、これら山ろくや丘陵地の西側には、標高 10～50m の段丘と、それを開析する標高 10m 以下の沖積低地が発達する（図 4-4-2）。

段丘（丘陵地、低地）は、標高 50～60m で対象地域東部の筒ヶ岳の山ろくに点在する高位段丘、最も広く分布し高位段丘ほど地形面の起伏は富んでいない標高 20～40m の中位段丘、標高 10～20m の平坦面を有する低位段丘に大別される。なお、沖積低地は有明海に面した海岸部や関川、浦川、菜切川及び行末川の主要河川沿いに分布し、標高は主に 5 m 前後であり平坦面をなしている。

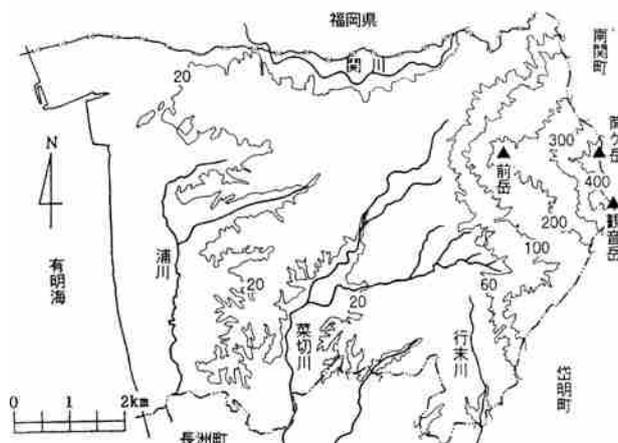


図 4-4-2 荒尾地域概念図

4) 地質

対象地域東部一帯の山地には、花こう岩が、また、北西部の丘陵地には、砂岩と泥岩あるいはシルト岩との互層からなる古第三紀層がそれぞれ分布し、水理地質として難透水性基盤となっている。これら 2 層の上位には、砂礫やシルトなど様々な堆積物からなる段丘堆積物（洪積層）が重なり、対象地域中央の大部分を占めている。さらに、これらの段丘堆積物を覆って赤褐色ロームが分布する。対象地域西部の海岸及び河川沿いには沖積層が薄く分布し、河川中～上流では砂又は砂礫層からなる自由地下水の帯水層を、河川下流域では海成粘土主体の難透水層を形成している。対象地域北部の一部には、火山性の Aso-4 火砕流堆積物が見られる（図 4-4-3）。

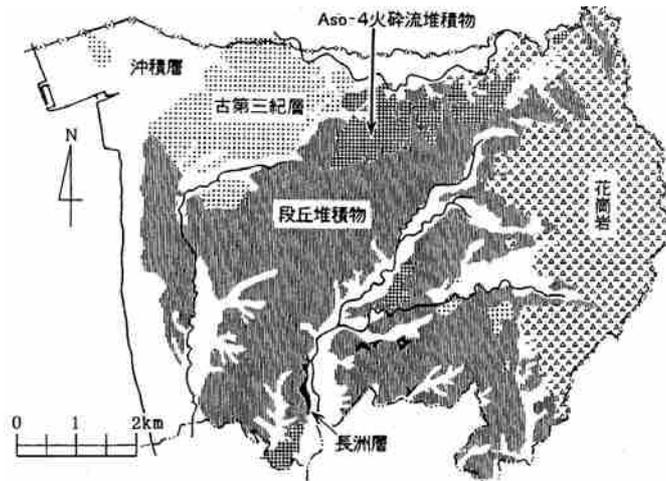


図 4-4-3 地質図

5) 地下水

対象地域には、計 3 つの帯水層が存在する（図 4-4-4）。上述した段丘堆積物を主とする 2 つの良好な帯水層のほか、正確な分布位置は不明であるが、難透水性の海成粘土からなる長洲層が地表付近に存在し、地表と長洲層の間に帯水層を形成している。ただし、この長洲層の分布は連続性に乏しいと考えられている。また、対象地域の地下水流動は、第 2 帯水層、第 3 帯水層ともに地形に沿うように大きく東部の山ろくから西部の海岸へ向かっている（図 4-4-5）。

熊本県地下水保全条例による平成 13 年度の地下水採取量報告（ポンプの吐出口の断面積が 6 cm² を超える場合に報告の義務付け）によれば、地下水の用途は、水道が 66% と最も多く、次いで農業用、工業用がともに 14% 程度となっている（図 4-4-6）。

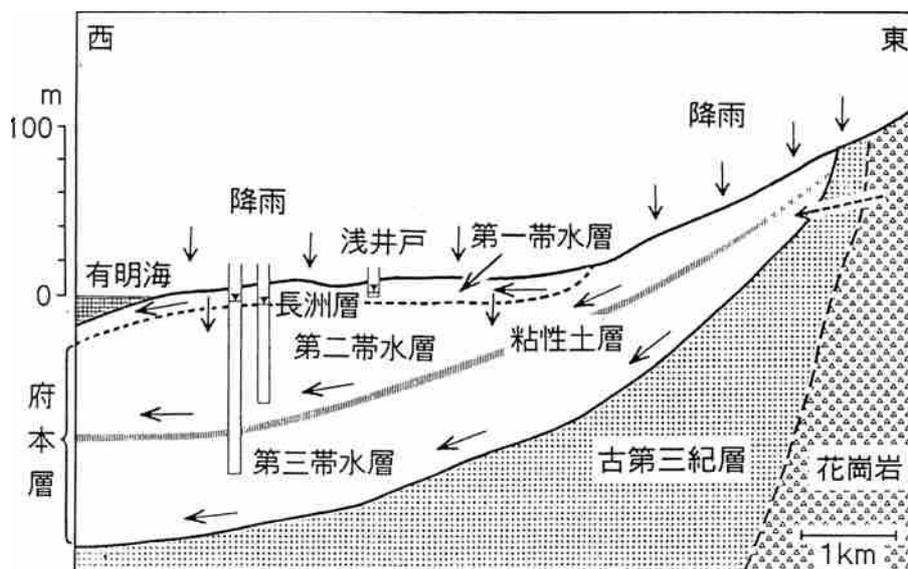


図 4-4-4 帯水層区分模式図

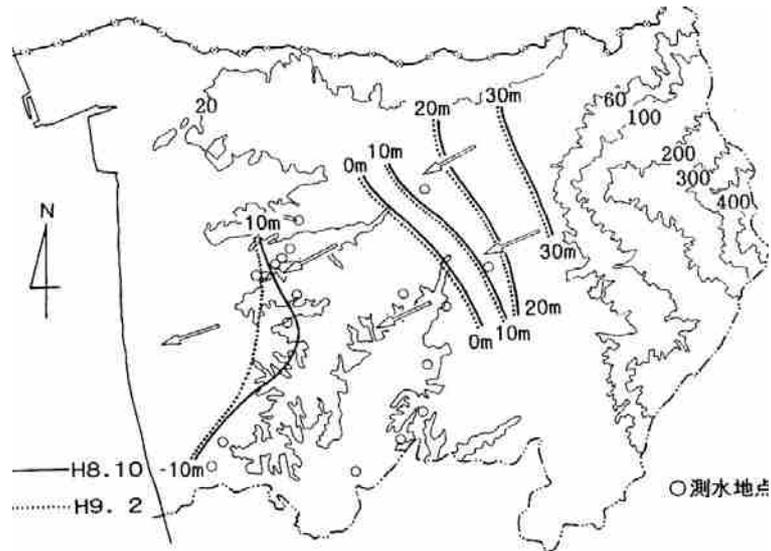


図 4-4-5 第二帯水層地下水流動図（第 2 帯水層）

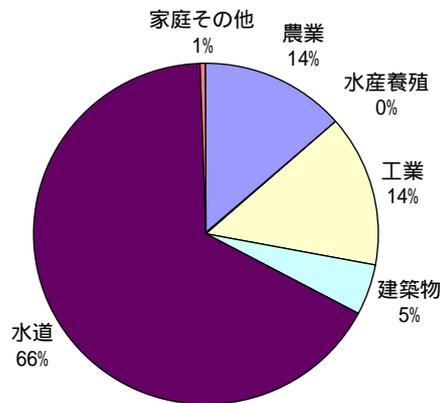


図 4-4-6 荒尾市における地下水利用状況

6) 人口

対象地域の人口は、平成 15 年 9 月現在 57,674 人であり、熊本県の市町村の中では熊本市、八代市に次いで、県内第 3 位の規模をもつ。戦前から昭和 25 年頃にかけて急激に人口が増加し、戦前、3 万 5 千人程度だった人口は昭和 25 年には 6 万 7 千人程度まで増加した。その後、人口は減少に転じ、昭和 45 年には 5 万 5 千人まで減少した。それ以降、再び増加を続けてきたが、昭和 58 年の 6 万 3 千人をピークに再び減少に転じ、平成 7 年までの 12 年間で 5 千人以上減少している。その後、人口は横ばいとなっている。世帯数は平成 15 年 9 月現在 22,438 世帯であり、核家族化の進展や同地域のベッドタウン的な性格等により増加傾向にある。

7) 土地利用

農業の基盤となる農用地は、都市化の進展等により減少傾向にあり、対象地域の 28.5%（平成 12 年度）となっている。そのうち水田地帯は、主要 4 河川流域を中心に形成されており、また果樹園は、筒ヶ岳山ろくや中南部の丘陵地を中心に広がっている。

森林は筒ヶ岳を中心に分布し、対象地域の 16.9%（平成 12 年度）の面積を占め、水源のかん養地域となっている。また、市街地は、石炭産業の発展にあわせて大牟田市と一体的に対象地域西部及び北西部を中心に発展してきた。

8) 上水道

上水道普及率は、荒尾市上水道と三井鉱山専用水道を合わせると 97%を超えているが、市上水道事業は建設後 35 年を経過しており、施設の老朽化や主力井戸における塩水化等の水質悪化が進んでいる。現在、高度浄水処理施設による水質保全や新たな水源開発といった対策を検討中である。また、現在、市上水道と三井鉱山専用水道の二元的な給水体制となっているが、適正かつ合理的な水道行政の充実を図るため、荒尾市では専用水道の吸収一元化の実現に努めている。

9) 気象

対象地域の南側に隣接する岱明町の気象観測所における平年値によれば、年平均気温は 16.0、月平均気温の最低は 1 月の 5.1、最高は 8 月の 27.4 である。

また年間降水量は 1,865.5mm であり、季節的には 6 月、7 月に集中し、この 2 ヶ月で年間降水量の 40%を占めている。逆に 12 月に降水量は最も少なくなり、39.8mm である（図 4-4-7）。

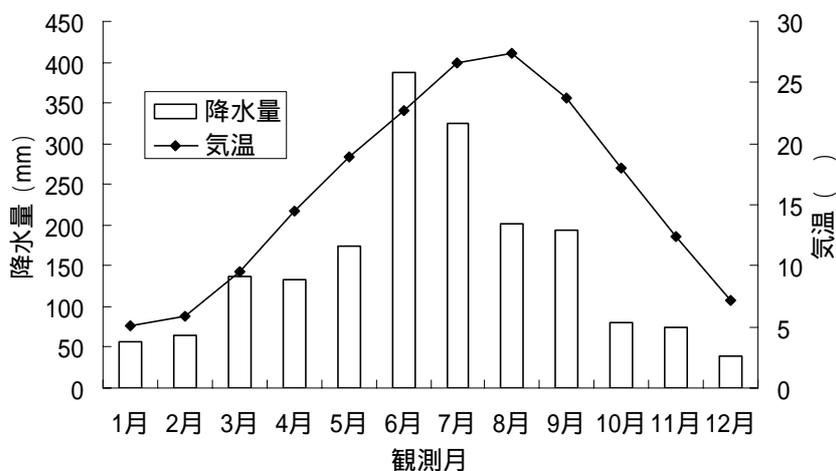


図 4-4-7 気温及び降水量の平年値（岱明観測所）

(2) 地下水汚染の状況

荒尾市上水道の水源井の数は、現在 15 地点 24 井戸であり、荒尾市水道局が昭和 49 年から実施している各水道水源井の硝酸性窒素濃度の検査結果では、全水源井の平均値は過去 26 年間で約 2 mg/L 増加している（図 4-4-8）。

平成元年度から平成 6 年度間での各地点の硝酸性窒素濃度分布を図 4-4-9 に示した。

また、先述したように、荒尾市には 3 つの帯水層が存在する。そこで調査地点のうち、市中央に位置しそれぞれ隣接した 9 地点について、井戸深度及びヘキサダイアグラムの形状から取水帯水層ごとに分類し、各帯水層の硝酸性窒素濃度とともに表 4-4-1 に示した。ただし、第 2 帯水層については第 1 帯水層と同時取水の可能性がある。第 3 帯水層

の硝酸性窒素濃度は、第1及び第2帯水層のそれに比較して非常に小さい。すなわち、第1帯水層（特に、掘り抜きの浅井戸）に高濃度の汚染が見られるのに対し、第3帯水層までは汚染が進行していないものと考えられる。

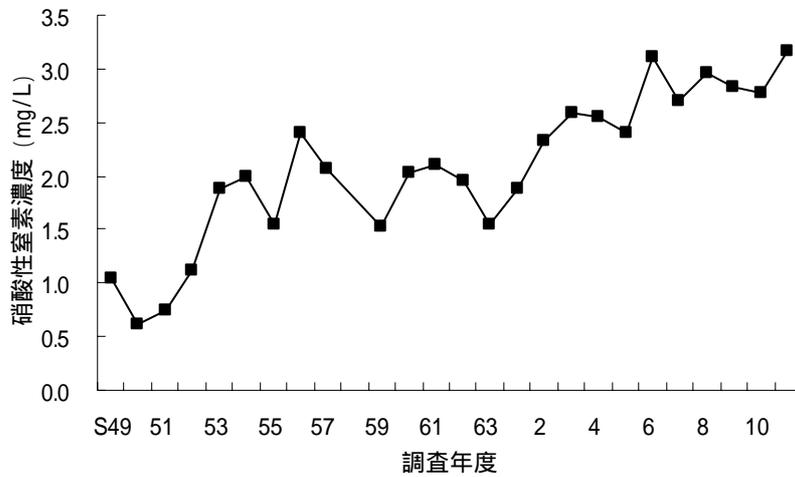


図 4-4-8 荒尾市水道水源井の平均硝酸性窒素濃度の経年変化

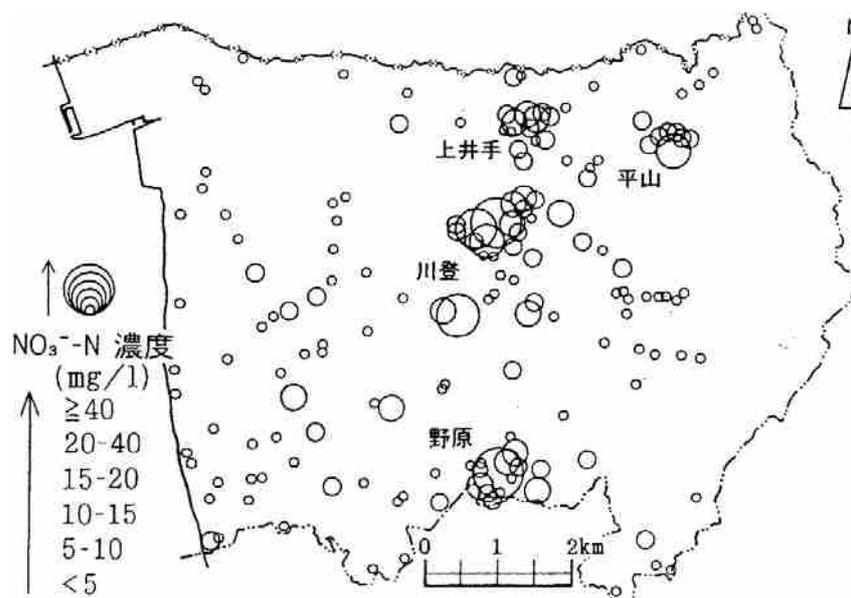


図 4-4-9 硝酸性窒素濃度分布

表 4-4-1 取水帯水層ごとの平均硝酸性窒素濃度

取水帯水層	調査地点 No.	平均硝酸性窒素濃度 (mg/L)
1	2, 6, 13	20.4
2(1&2)	5, 10, 14, 15	13.3
3	11, 12	3.6

(3) 地下水汚染の原因

1) 汚染原因・汚染機構解明調査結果

ア) 水質解析法

a) ヘキサダイアグラム

水質組成と溶存分量とを組み合わせる方法としてヘキサダイアグラムが用いられている。

図 4-4-10 の凡例のように陽イオンは上から、ナトリウムイオン+カリウムイオン ($\text{Na}^+\text{+K}^+$)、カルシウムイオン (Ca^{2+})、マグネシウムイオン (Mg^{2+}) の順に左側に、また陰イオンは同じく塩化物イオン (Cl^-)、重炭酸イオン (HCO_3^-)、硫酸イオン+硝酸イオン ($\text{SO}_4^{2-}\text{+NO}_3^-$) の順に右側にといた成分配置で、各成分の当量値を水平軸にプロットし、各点を結んだものである。

ここでは、右側下段の硝酸イオン (NO_3^-) を黒塗りで表示している。

調査地点の地下水質の例として 9 月調査時の地下水質をヘキサダイアグラムで表し、図 4-4-10 に示した。調査を行った 22 地点 (図 4-4-11) のうち 17 地点が $\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}\text{-NO}_3^-$ 型を示した。その他の 5 地点については、No. 2 は $\text{Mg}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}\text{-NO}_3^-$ 型、No. 7 及び 13 は $\text{Na}^+\text{-SO}_4^{2-}\text{-NO}_3^-$ 型を、No. 12 は $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型、No. 21 は $\text{Ca}^{2+}\text{-Cl}^-$ 型の水質を示した。今回の調査で最も高い硝酸性窒素濃度を示した No. 2 は、 HCO_3^- が非常に少ないという特徴を示した。

さらに、他の地点に比較して電気伝導率 (EC) が大きく (平均 $512\ \mu\text{S/cm}$)、pH も平均 5.56 と水道水質基準の 5.8~8.6 よりも低かった。No. 6 及び 14 についてもまた、No. 2 と同様の特徴を示している。

水質変化については、梅雨時期に溶存成分の増加などの水質変化を示した No. 17 及び 18 の 2 地点を除き、各地点とも大きな変化を示さず、安定した水質を示した。

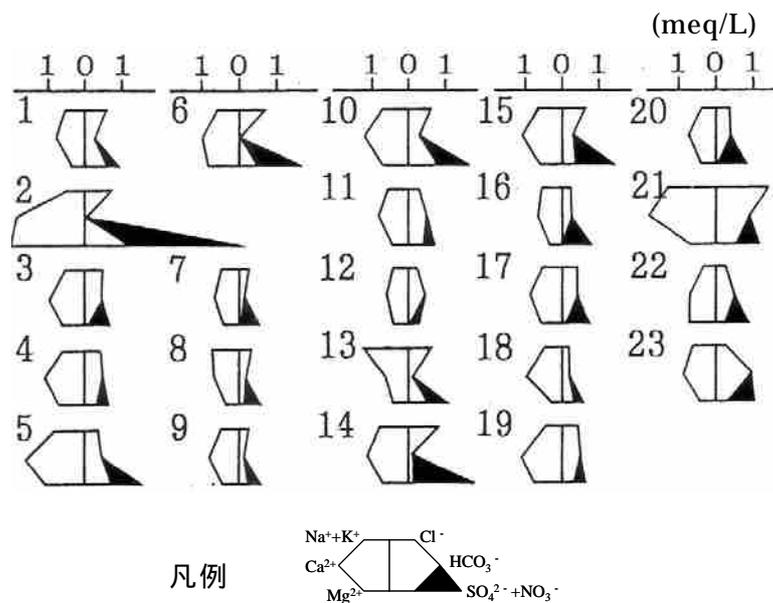


図 4-4-10 ヘキサダイアグラム

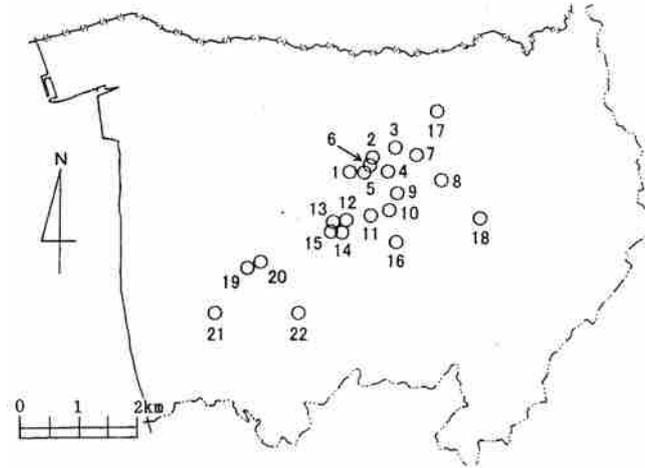


図 4-4-11 調査地点位置図

b) 濃度相関マトリクス

一般に、硝酸性窒素汚染は化学肥料の中でも、特に硫安（硫酸アンモニウム）に起因する場合、硝酸性窒素濃度と硫酸イオン濃度との相関が高いことが知られ、また、土壌の酸性化を防ぐために、石灰成分等を施すため、カルシウムイオン濃度との相関が高いことも知られている¹⁾。そのため、各項目間の相関関係を見ることにより、汚染源を推定することが可能である。表 4-4-2 に 9 月調査時の各項目間の相関係数を示した。

電気伝導率（EC）は、pH 及び HCO_3^- を除く他の項目と非常に高い相関を示した。また、マグネシウムイオンとカルシウムイオン及び硝酸性窒素、塩化物イオンとマグネシウムイオン及びカルシウムイオンとで高い相関が見られた。しかし、上述した硝酸性窒素と硫酸イオンでは 0.46、硝酸性窒素とカルシウムイオンでは 0.58 と、さほど高い相関は示さなかった。硝酸性窒素濃度が比較的高い No. 3、7、16 及び 17 では、硫酸イオンがほとんど含まれていないなど、硝酸性窒素と硫酸イオンとの関連は小さく、この傾向は No. 20 にも当てはまる。

これらのことから、硝酸性窒素が化学肥料の中でも硫安の施肥に起因するものとは考えにくい。以前から、梨への施肥は尿素中心であり、現在では有機肥料中心の施肥に移行しつつあることから硫安はほとんど使用されていない。このため、硝酸性窒素と硫酸イオンとの相関が低かったものと解釈される。これらのことから、地下水中の硝酸性窒素が、尿素など、化学肥料の中でも硫安以外の施肥に起因していると考えられる。

表 4-4-2 9月調査時の各項目間の相関係数表

	pH	EC	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
pH	-	-0.26	-0.20	0.07	-0.13	-0.29	0.76	-0.19	-0.49	-0.32
EC		-	0.40	0.59	0.96	0.84	0.16	0.81	0.68	0.74
Na ⁺			-	0.38	0.25	0.01	0.09	0.64	0.01	0.31
K ⁺				-	0.63	0.19	0.49	0.73	0.05	0.27
Ca ²⁺					-	0.80	0.28	0.75	0.58	0.72
Mg ²⁺						-	-0.03	0.48	0.82	0.72
HCO ₃ ⁻							-	0.25	-0.44	-0.04
Cl ⁻								-	0.37	0.44
NO ₃ ⁻ -N									-	0.46
SO ₄ ²⁻										-

イ) 窒素安定同位体比法

9月調査時の硝酸性窒素濃度と ¹⁵N 値との散布図を図 4-4-12 に示す。水質が季節によって大きな変化を示す No.17 及び 18 の 2 点を除き、各地点とも ¹⁵N 値は、9月と2月とでその差が1ポイント以下と変化は小さかった。全国の試験地から報告された ¹⁵N 値の傾向から、7～8‰を境に無機化学肥料の影響を受けた地下水と生活排水や有機肥料の影響を受けた地下水とに分類することができる。そこで図 4-4-12 では、8‰を基準として大きく2グループに分類した。すなわち、¹⁵N 値が8‰未満を第1グループとし、8‰以上を第2グループとした。第1グループには20地点、第2グループにはNo.2及び4の2地点が含まれた。

図 4-4-12 の散布図にける分類に基づき汚染機構について考察し、汚染源の絞込みを行った。

調査地点 22 地点中、20 地点が含まれる第1グループの ¹⁵N 値は8‰以下の領域にある。季節変化を示した No.17 及び 18 を除けば、第1グループ中、最高を示したのは No.19 の 7.7‰、最低は No.22 の 2月の 3.2‰であり、¹⁵N 値の平均は 5.8‰であった。このことから、第1グループの 20 地点の硝酸性窒素は、¹⁵N 値の小さい窒素分の供給による汚染、たとえば化学肥料等による汚染であると考えられる。

ここで、第1グループに含まれる地点のいくつかについて、周辺の土地利用に注目した。図 4-4-13 に No.3、5 及び 6 の周辺土地利用状況を示した。大部分が梨園であり、所々にみかん園が点在する状況である。この地域は梨栽培の盛んな荒尾市の中でも、最も梨園の集中する地域の一つである。また、No.11～15 の周辺土地利用についても同様である。

以上のことから、これら 8 地点の硝酸性窒素による汚染は、周辺の梨園に散布された化学肥料の影響によるものと考えられる。

第2グループに含まれた No.2 及び 4 の ¹⁵N 値は、それぞれ 9.6‰及び 9.4‰と、第1グループよりも高い値を示した。この 2 地点は、図 4-4-13 に示すように、No.3、5 及び 6 に近く、周辺の土地利用状況は梨園である。また、No.2 は、他の地点に比較して硝酸性窒素濃度が非常に高い。この付近では、かなり以前から、果樹園に大量のし尿の投与がなされていたこと、井戸深度が 13m と浅いこと、さらには

ふん便性大腸菌が検出されたことを考慮すると、投入されているし尿の影響によるものと考えられる。No. 4でも同じくふん便性大腸菌が検出された。家の裏手に牛舎があることから、そこからのし尿の影響、あるいは生活排水の影響と考えられる。

ただし、この2地点の ^{15}N 値9.6‰及び9.4‰は、他の地域における、畜舎排水及び生活排水による汚染と考えられた地点での ^{15}N の平均値(10.6‰及び11.7‰)よりも小さい値であるため、汚染原因は周辺の梨園からの化学肥料の溶脱と、し尿あるいは生活排水等が複合的に影響しているものと推察した。

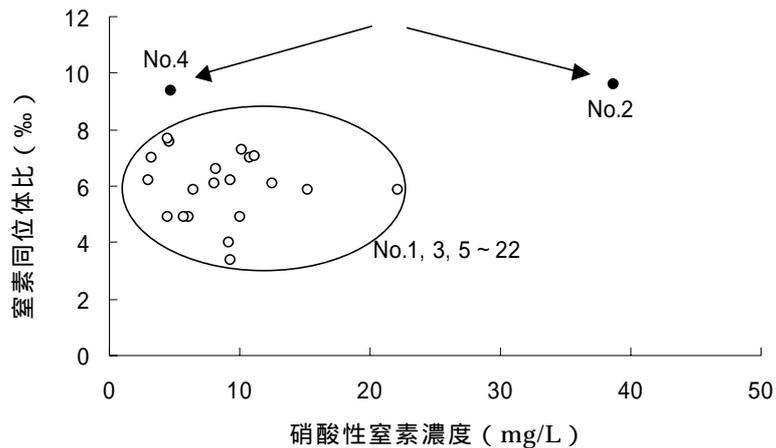


図 4-4-12 硝酸性窒素と ^{15}N 値との散布図

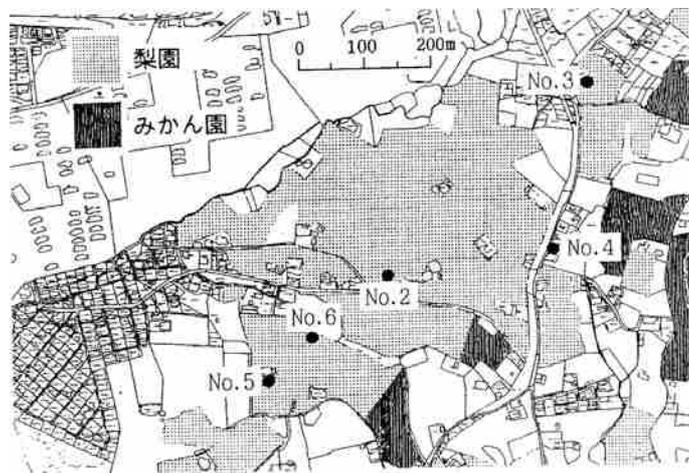


図 4-4-13 No. 3, 5 及び 6 周辺の土地利用状況

2) 地下水への窒素負荷発生状況(窒素収支等)

窒素原単位法を用いて地下水への窒素負荷発生状況を推定した。

基本的に大字を一つの単位として地区割りにし、降雨、施肥、畜産、生活排水の項目について汚染源ごとに窒素負荷を算出した。ただし降雨については地区ごとに大きな差はないものとして小字ごとに窒素負荷量を求めた。

ア) 降雨

(1)式を用いて、降雨による窒素浸透量を算出した。

$$\text{浸透量} = \text{窒素降下量} \times \text{浸透率} \dots\dots\dots (1)$$

窒素降下量はデポジットゲージ（降下ばいじん計）法による窒素降下量調査（県下 24～17 地点）における測定値の平均値を利用した。浸透率については 25%と仮定した。

イ) 施肥による地下浸透

荒尾市で最もよく栽培されている梨及びかんきつ類について、(2)式を用いて施肥による窒素浸透量を算出した。

$$\text{浸透量} = \text{栽培面積} \times L_{nN} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 L_{nN} は単位面積あたりの浸透量であり、荒尾市のアンケート調査結果に基づき窒素施肥量 F_N を用いて、(3)式¹⁾により算出した。

$$L_{nN} = 0.311F_N + 13.4 \dots\dots\dots (3)$$

ウ) 畜産（畜舎）による浸透

(4)式を用いて畜産による窒素浸透量を算出した。

$$\text{浸透量} = \text{頭（羽）数} \times \text{原単位} \times \text{浸透率} \dots\dots\dots (4)$$

浸透率は 25%と仮定した。

エ) 生活排水による浸透

(5)式を用いて、生活排水による窒素浸透量を算出した。

$$\text{浸透量} = \text{人口} \times \text{原単位} \times \text{未処理率} \times \text{浸透率} \dots\dots (5)$$

1 世帯あたりの人数が一律であると仮定し、市販地図から地区ごとの世帯数を読み取り、人口を算出した。原単位は表 4-4-3 に示したものを利用した。

下水道普及地域、し尿収集家庭及び合併浄化槽設置家庭は窒素浸透量を 0 とした。また、浸透率は一律に 25%とした。

表 4-4-3 算出に使用した原単位

項目	原単位 (kg/人/年)	
	し尿	雑排水
値	2.61	0.53

以上の排出源から予測される単位面積あたりの汚染リスク分布を図 4-4-14 に示した。窒素負荷量の和が大きい地区は、対象地域中央から東部にかけて分布している。これは、一部を除いて非常に負荷量の小さい対象地域北西部とは対照的である。なお、総負荷量は 106.4t/年という試算になった。

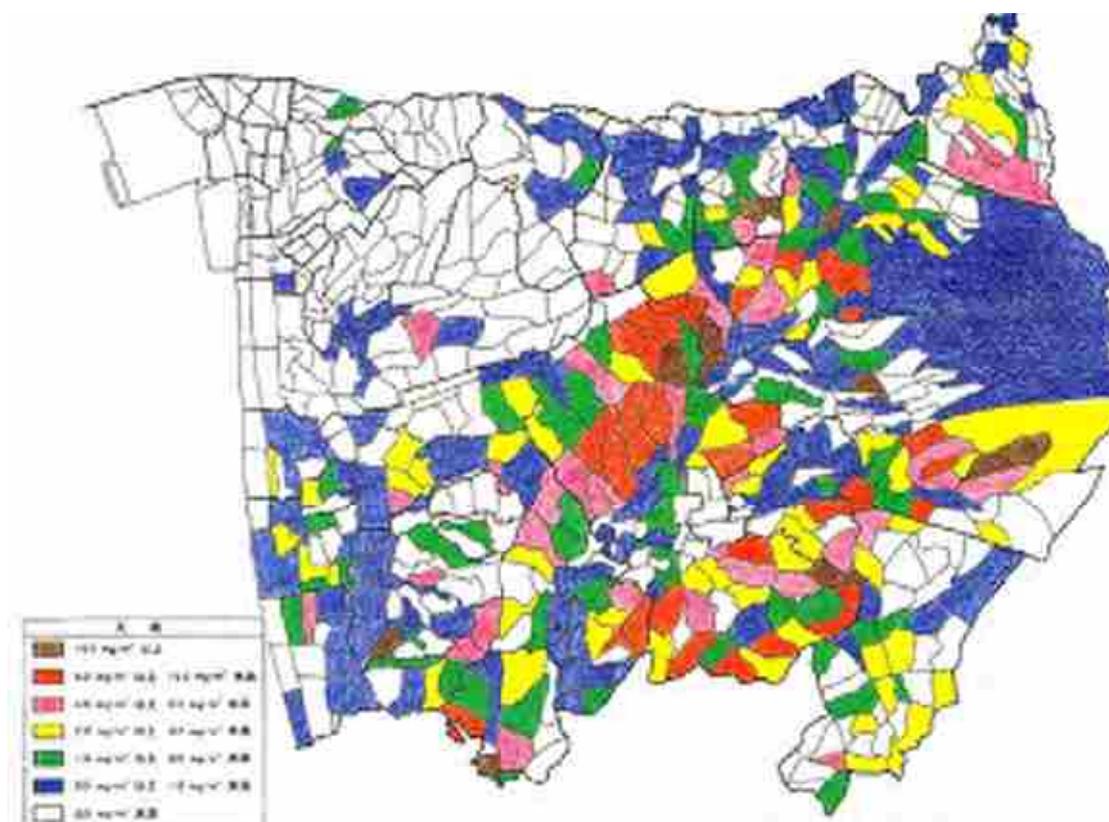


図 4-4-14 シュミレーションによる単位面積あたりの汚染リスク分布図

3) 負荷低減計画の策定

ア) 計画策定における関係機関等の連絡体制

熊本県では平成 9 年度に環境部局、農業・畜産部局、水道部局、分析・研究機関等で構成する「硝酸性窒素汚染対策連絡会議」を設置し、地下水の硝酸性窒素汚染に係る情報交換及び対策の推進方法の協議等を行ってきた。会議の構成員は表 4-4-4 のとおりである。

また、平成 13 年度に、県内でも特に硝酸性窒素汚染が顕著かつ汚染機構が解明されている荒尾市において「荒尾地域硝酸性窒素削減対策会議」を設置した。

表 4-4-4 硝酸性窒素汚染対策連絡会議構成員

議長	環境生活部次長
健康福祉部	健康福祉政策課長
	生活衛生課長
	保健環境科学研究所次長
農政部	農政課長
	経営技術課長
	園芸生産流通課長
	畜産振興課長・農業研究センター部長
環境生活部	環境政策課長
	環境保全課長

イ) 計画策定に係る検討経過

窒素負荷量削減計画策定のための検討会議という位置付けで、平成 13 年度に「荒尾地域硝酸性窒素削減対策会議」を設置した。構成員は表 4-4-5 のとおりである。

同会議には下部組織としてワーキンググループ会議（担当者会議）を設置し、計画の細かい検討はワーキンググループ会議で行った。第 1 回硝酸性窒素削減対策会議では構成員の顔合わせ及びスケジュールの確認を行い、1～3 回ワーキンググループ会議では計画策定に必要な基礎データの収集及び情報交換を行った。第 2 回硝酸性窒素対策会議及び第 4, 5 回ワーキンググループ会議では素案を検討し、第 3 回硝酸性窒素削減対策会議において計画の策定に至った（図 4-4-15、表 4-4-6）。

表 4-4-5 荒尾地域硝酸性窒素削減対策会議構成員

熊本県	環境生活部環境保全課長
	” 水保全対策室長
	玉名地域振興局振興調整室長
	” 保健福祉環境部長
	” 農林水産部長
	” 農業改良普及センター所長
	保健環境科学研究所次長
荒尾市	市民部環境保全課長
	産業振興部農林水産課長
	企画管理部企画調整課長
	水道局長
農業従事者	JA 玉名八幡支所長
学識経験者	和歌山大学システム工学部 平田健正教授
	熊本大学理学部 嶋田 純教授

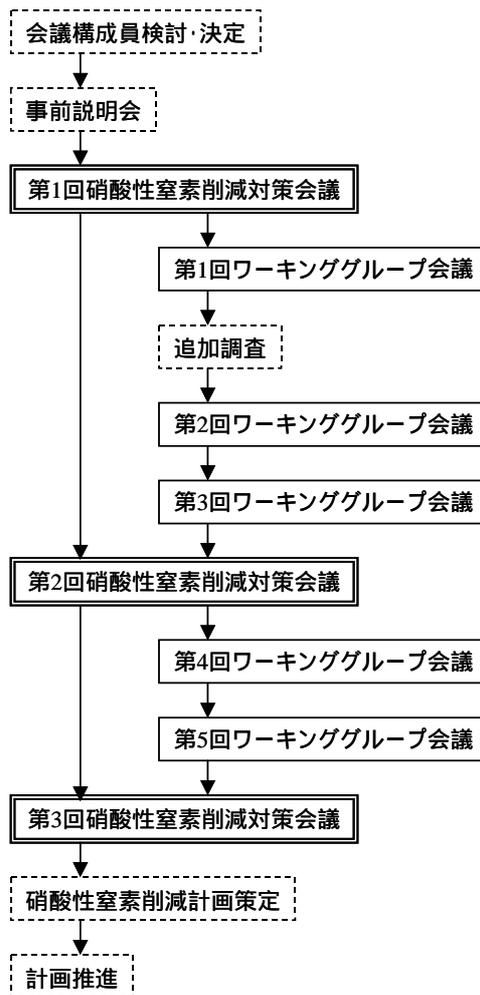


図 4-4-15 硝酸性窒素削減計画策定フロー図

表 4-4-6 連絡調整会議等での具体的な検討事項

第 1 回荒尾地域硝酸性窒素削減対策会議

平成 13 年 10 月 22 日

- ・ 会議設置要綱の承認
- ・ 対象地域の硝酸性窒素濃度の現状説明
- ・ 硝酸性窒素削減計画の概要説明
- ・ 計画策定に向けた段取りの説明

第 1 回ワーキンググループ会議

平成 13 年 11 月 26 日

- ・ 荒尾地域の地下水の特性説明
- ・ 窒素負荷量の試算方法の検討
- ・ 収集すべき情報の提供依頼

第 2 回ワーキンググループ会議

平成 13 年 12 月 25 日

- ・ 追跡調査結果説明
- ・ 汚染源負荷量試算方法の検討
- ・ 会議への住民代表参加の検討

第 3 回ワーキンググループ会議

平成 14 年 3 月 15 日

- ・ 汚染源負荷試算結果の説明
- ・ 削減計画概要素案についての検討
- ・ 具体的施策について

第 2 回荒尾地域硝酸性窒素削減対策会議

平成 14 年 3 月 20 日

- ・ ワーキンググループ会議の検討結果の報告
- ・ 汚染源負荷試算方法の説明
- ・ 削減計画概要素案についての検討
- ・ 啓発対策について

第 4 回ワーキンググループ会議

平成 14 年 12 月 25 日

- ・ 削減計画詳細素案の詳細検討

第 5 回ワーキンググループ会議

- ・ 削減計画詳細素案の詳細検討

第 3 回硝酸性窒素削減対策会議

- ・ 計画の策定

ウ) 計画の内容

a) 計画の目標

荒尾地域内の井戸から、硝酸性窒素濃度及び地域配分等を考慮して 35 地点の指標井戸を選定し、この井戸における硝酸性窒素濃度の変化から対策の効果を把握する。

目標達成にあたっては硝酸性窒素濃度レベルに応じて、以下の 2 つの目標水質を設定した(表 4-4-7)。また、指標井戸を現在の硝酸性窒素濃度に基づき 3 つに分類し、それぞれ初期目標と最終目標を設定した(表 4-4-8)。

表 4-4-7 水質目標の種類

	達成水質	管理水質
設定	達成されるべき濃度	維持されることが望ましい濃度
値	10mg/L 以下	5 mg/L 以下
理由	<p>(ア) 環境基本法に基づき定められた「地下水の水質汚濁に係る環境基準」(以下、環境基準)値を適用する。</p> <p>(イ) 環境基準は、人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準である。</p> <p>(ウ) 国や都道府県は、この環境基準が速やかに達成され、かつ維持されるよう努める必要がある。</p> <p>(エ) 「水道法に基づく水質基準」においても、同じ値が採用されている。</p>	<p>(ア) これまでの全国的な地下水中の硝酸性窒素汚染状況から、濃度がこの数値を超過した場合に、その後環境基準値を超過する可能性が高いことが知られている。</p>

表 4-4-8 計画の目標

硝酸性窒素濃度 (井戸数)	初期目標 (平成 22 年度)	最終目標 (平成 34 年度)
10mg/L 超過 (9 井戸)	達成水質値を超過した井戸の割合 (平成 14 年度現在 25.7%) が 10% 以下となること	全ての井戸で達成水質値を満足すること
5mg/L 超過 ~ 10mg/L 以下 (17 井戸)	管理水質値を超過した井戸の割合 (平成 14 年度現在 48.6%) が 20% 以下となること	全ての井戸で達成水質値を満足すること
5mg/L 以下 (9 井戸)	現状濃度を維持又は現状濃度よりも低下させること	

b) 計画の体系

地下水汚染防止対策を推進するにあたっては、現在の取組み状況や実施可能性、対策の効果、地域特性等を考慮し、初期段階（平成15年度から平成22年度まで）に重点的に取り組むべき対策と中長期的に取り組むべき対策の設定を行い、総合的かつ計画的に推進するものとする。地下水汚染防止対策は、図4-4-16に示すように大きく「発生源対策」、「窒素流通対策」及び「啓発対策」の3つに分けて実施する。

「発生源対策」では技術的革新や設備等の充実による環境への窒素負荷の抑制、「流通対策」では地域内に発生する窒素の流通の促進による環境への窒素負荷の抑制、「啓発対策」では環境への窒素排出者である農業従事者及び生活排水処理対策対象者の意識改革による環境への窒素負荷の抑制を図る。

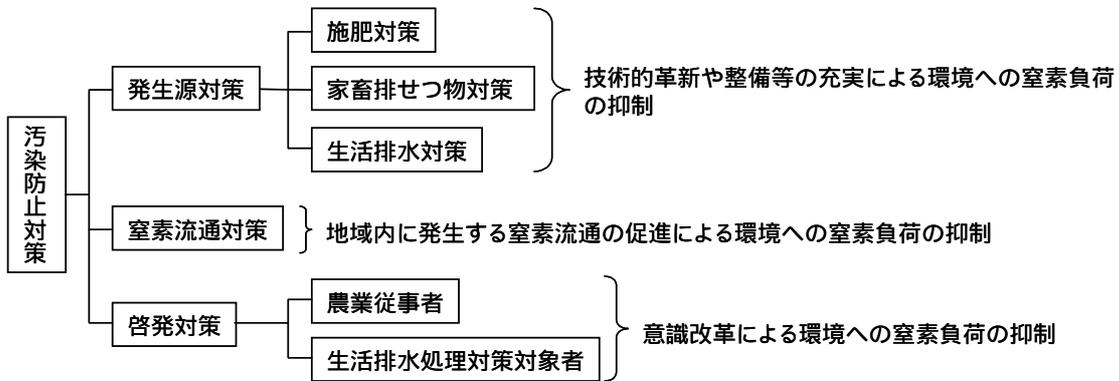


図 4-4-16 計画の体系

c) 計画の内容

硝酸性窒素による地下水汚染問題を解決するため、行政（JAを含む）及び住民（対策対象者）が協力し、各汚染源に対する対策を推進していく。

また、行政を構成する各部署（熊本県、荒尾市及びJA）は、本計画に基づき、それぞれの役割に応じ連携を図りながら対策を推進していく（図4-4-17）。

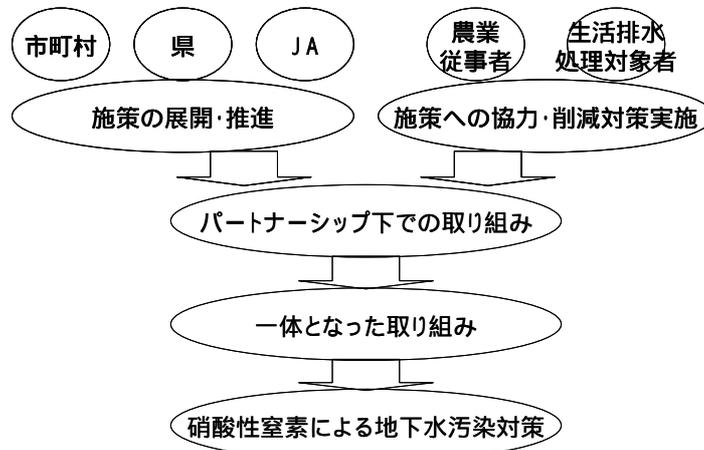


図 4-4-17 地下水汚染防止対策におけるパートナーシップ図

工) 計画の普及啓発方策

a) 方策内容

農業従事者については、施肥対策の推進にあたり、行政が実施する対策に対する理解と主体的な取組みが不可欠である。そのため以下の内容について農業従事者に対する啓発対策を実施する。

- 硝酸性窒素についての正しい理解（水質基準、健康影響等）
- 地下水汚染の状況の理解
- 汚染原因の理解（施肥及び家畜排せつ物及び排水の不適切処理）
- 施肥基準を基本とした施肥体系の遵守
- 家畜ふん尿の堆肥化、素掘り及び野積みの廃止等、適正処理の徹底
- 処理施設の設置等
- 対策実施のための意識改革

生活排水処理対象者については、主として下水道未普及地域が該当すると考えられるが、以下の内容について啓発対策を実施する。

- 硝酸性窒素についての正しい理解（水質基準、健康影響等）
- 地下水汚染状況の理解
- 汚染原因の理解（生活排水）
- 家庭排水の地下浸透の廃止
- し尿汲取り等による適正処理の徹底
- 合併処理浄化槽の整備の普及及び適正維持管理、下水道接続の普及
- 対策実施のための意識改革

b) 方策体系

対策の中心となる農業従事者及び生活排水処理対象者に対し、より早く、より新しい情報提供に努める。

また、農業従事者を対象とした会議あるいは集会等を通して直接説明を行うとともに、行政情報誌、啓発紙及びホームページ等での情報提供、パンフレット等の配布により、農業従事者及び生活排水処理対象者に対し、対策への理解と主体的な取組みを呼びかける（図 4-4-18）。

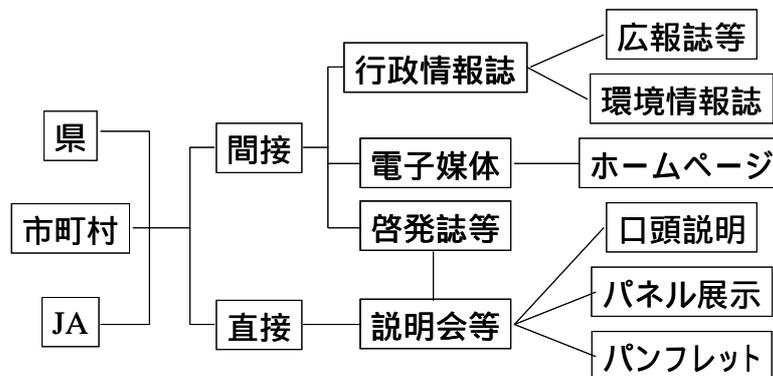


図 4-4-18 啓発体系図

オ) 負荷低減対策の実施

以下に示す地区については、より重点的に対策を推進する地区（重点対策地区）として設定した。重点地区では発生源対策、窒素流通・啓発対策及び対策効果モニタリングについてより重点的に対策を講じていく。

汚染井戸が確認されている地区

水道水源井が位置する地区

窒素負荷量が大きい地区

カ) まとめ

硝酸性窒素による地下水汚染は、これまでの揮発性有機塩素化合物による地下水のスポット的汚染とは大きく異なり、面的な汚染であり、そのため浄化が困難であるなどの特徴がある。本県の汚染についても同様のことが言え、対策に係る関係機関は環境部局のみならず、農政部局、厚生部局等々多岐にわたり、また市町村、地域住民の理解と主体的な取組みが必要不可欠である。

(4) おわりに

硝酸性窒素による地下水汚染については、その原因が事業場等からのスポット汚染でなく、農業における施肥や畜産廃棄物、それに生活排水の不適切処理等による面的な汚染であると考えられる。また、地下水は対象が地下にあるため、一旦汚染すると、その回復には長期間を要する。

このため汚染防止対策を講じるにあたっては、これらの特質を踏まえた取組みを進めていく必要がある。

まず、施策のあり方としては、回復の困難性からして、汚染が進んだ後の後手の回復対策よりも、汚染原因の窒素負荷量削減に重点を置いた先手の未然防止の観点からの取組みが重要であると考えられる。次に、汚染原因としては営農や社会生活に伴う面的な汚染である場合が多いため、それらの原因者である農業者や生活者に対して正しい理解と主体的な取組みを啓発等によって促すことが重要となる。

さらにこの推進にあたっては、環境部局のみならず、農政、水道、試験研究機関等の各部局、市町村、JA等がパートナーシップのもと連携協力して役割を分担し、総合的な対策を推進していくことが一番重要と考えている。

【参考文献】

- 1) 平田健正編：土壌・地下水汚染とその対策，p211（1996）

4.5 都城市

(1) 調査地域の概況

1) 調査地域の地勢

都城市は、宮崎県の南西部に位置し、東に鰐塚山系、北西に秀峰高千穂峰を仰ぎ、三方を山に囲まれた広大な都城盆地の中央に位置している。南は大きく開け、鹿児島県に接している。

隣接の北諸県郡5町と構成するふるさと市町村圏・都城地方拠点都市地域及び北諸県郡、鹿児島県曾於郡4町を含む25万人の経済圏の中心都市として、さらに南九州における産業・経済・教育・文化の中心都市としての役割を担っている。

市域は、東西に31.15km、南北に29.75km、面積は306.7km²で、宮崎県総面積7,733.69km²の4%を占め、市としては県下で2番目、九州では5番目の広さを有している。

地形は南北に細長く、その中央部分71.18km²は人口の79%が集中する都市部で、周辺地域は農村部を形成している。中央部には大淀川が南から北へ貫流し、これに7本の一級河川と30有余の普通河川が注いでおり、また、豊富な地下水や湧水にも恵まれる。



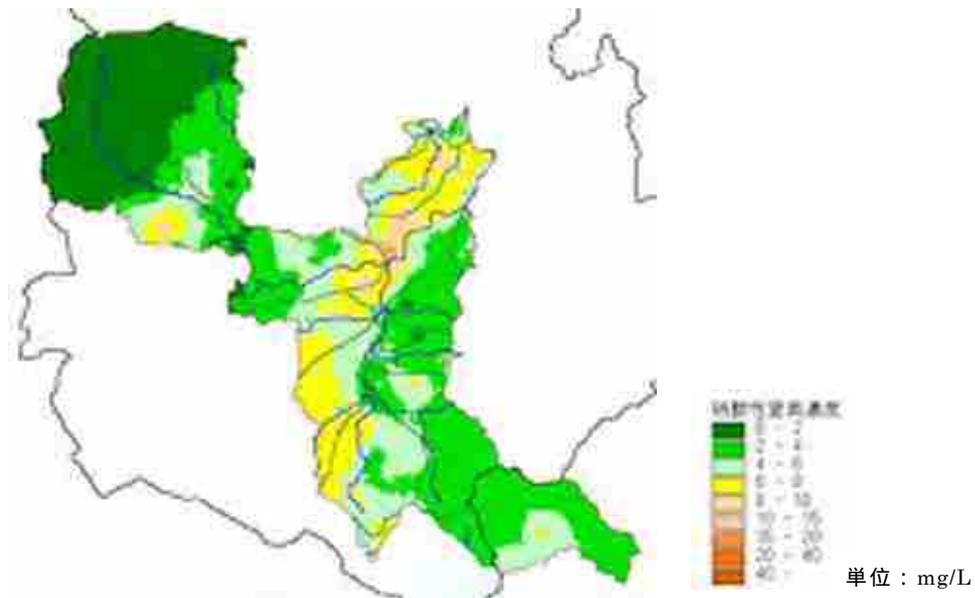
(東海大学航空科学研究所提供)

図 4-5-1 都城市の位置 (ランドサット写真)

2) 調査地域の選定理由

本市は水道水源をはじめ地域の用水の殆どを地下水に依存している。この貴重な地下水を恒久的に保全することを目的に、平成4年3月に都城市議会による地下水保全都市宣言の決議を受け、平成7年度より関係1市8町で都城盆地地下水保全対策連絡協議会を組織し、宮崎大学地域共同研究センターと「都城盆地の地下水保全に関する共同研究」を行っている。その中で硝酸性窒素による地下水の汚染に関して、重点

的に調査を行い、その要因として農業由来の可能性が高いことが判明している。



3) 地形

都城盆地は東を鱈塚山地、西を霧島山地に挟まれている。一方南部は東西に見られるような山地はなく、緩やかに南方に高度を増すシラス台地よりなる。北部は鱈塚山地の延長であるが、北西 - 南東方向に山地列が方向を変えている。

盆地をほぼ南北に縦断する大淀川を境として東西で地形が異なる。西方では EL.150m ~ 280m のシラス台地が広く分布する。これに対し、東方では鱈塚山地より流出する東岳川、沖水川、萩原川にかけて扇状地形の低位段丘が広がる。

主要河川は、盆地中央部を南から北に流れる大淀川に向かって、左岸側には上流から横市川、庄内川、丸谷川、高崎川の各支川が流れる。また、右岸側にも上流から萩原川、沖水川、東岳川の各支川が存在し、大淀川本川に合流している。

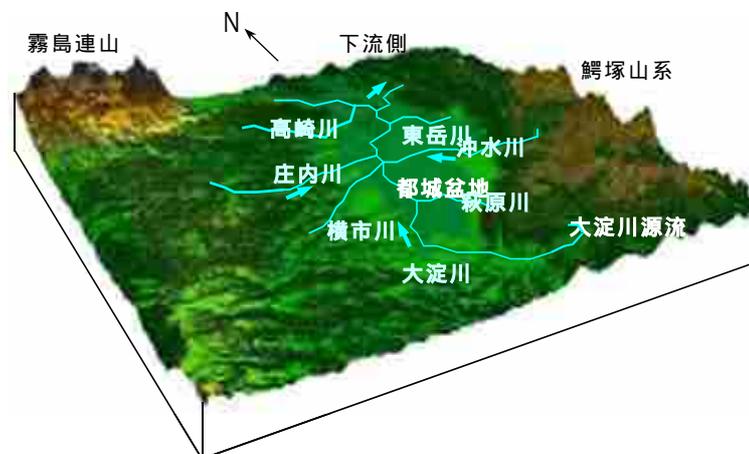


図 4-5-3 都城市鳥瞰図

都城盆地の主たる帯水層は都城層～末吉層である。加圧層と考えられる入戸火砕流堆積物の溶岩部が上載する地域では、この深層の地下水位は被圧状態になっているものとみられる。ただし、溶結凝灰岩は盆地全域に分布しているわけではなく、旧河床等周囲に比べ相対的に標高の低い地域に厚く堆積しているものと思われる。

浅層の不圧地下水の帯水層としては、入戸火砕流の非溶結部（シラス）、低位段丘堆積物、現河川氾濫堆積物が挙げられる。

盆地内の地下水は難透水性の溶結凝灰岩層を境として、浅層と深層地下水の2つに分かれている。浅層地下水は降水に良い応答を示す不圧地下水帯である。一方深層地下水は上位の溶結凝灰岩層に加圧され被圧状態となっている。しかし、溶結凝灰岩の分布は偏っており、浅層地下水と深層地下水は完全に分離しているとは言いきれない。ただし、本市の水道水源のほとんどは溶結凝灰岩の分布する地域に存在している。

盆地周辺部では降水は比較的早い時期に深層に浸透するが、盆地中央部では難透水性の溶結凝灰岩層が存在するため浅層部から深層部への涵養は徐々に行われる。ただし、溶結凝灰岩の存在しない領域もあり、部分的には浅層地下水と深層地下水は連続していることも考えられる。

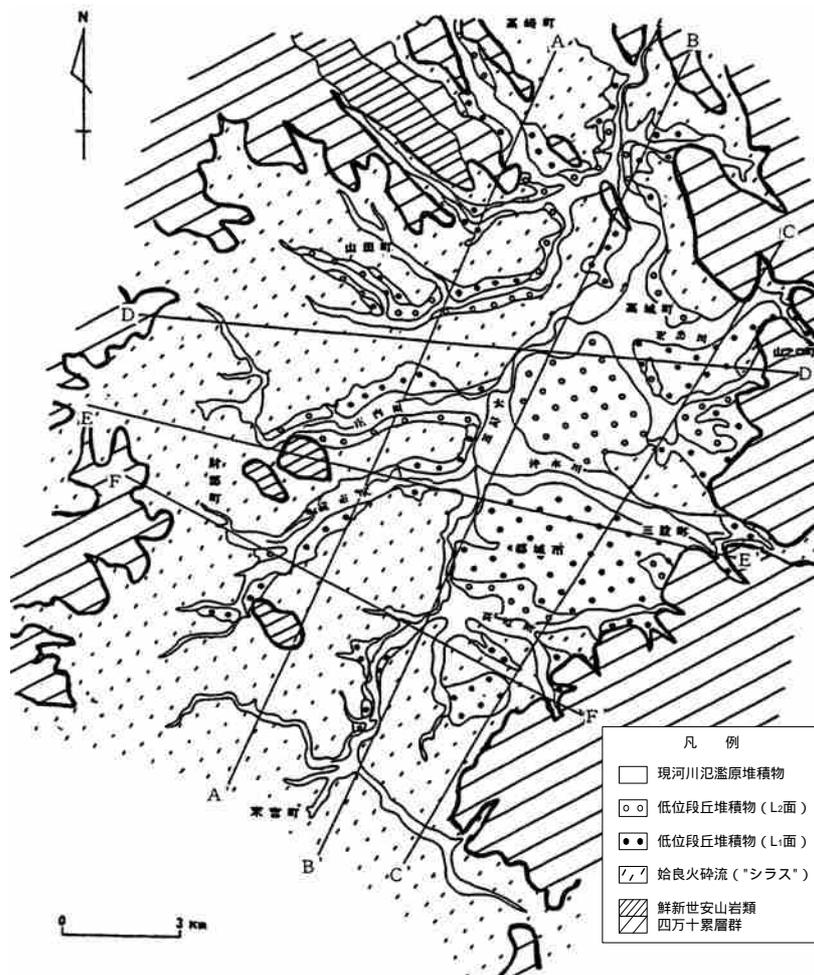


図 4-5-5 都城盆地地質概略図

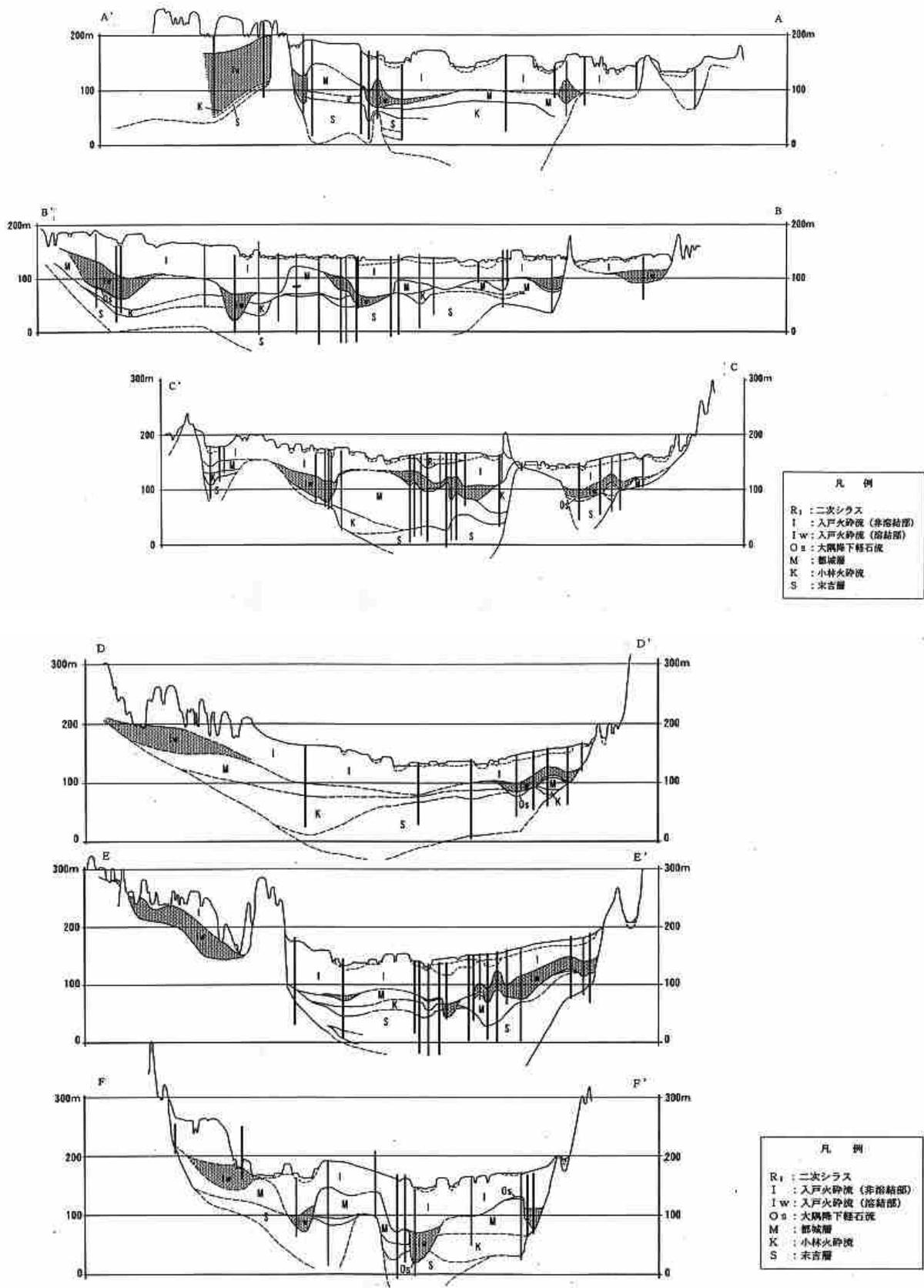


図 4-5-6 地質断面図

5) 地下水

既往資料をもとにした水理地質構造の推定と、水質調査結果（イオン類分析、同位体分析、トリチウムによる年代測定）から、都城盆地における地下水流動機構の特徴をまとめると以下のとおりとなる。

深層地下水は左岸と右岸で比較的類似している。したがって、深部では左右岸一体の地下水盆構造が形成されている可能性が高い。

左岸の深層地下水は山地からの涵養が支配的であるのに対し、右岸の深層地下水は相対的に低標高部からの涵養の影響が強いことが考えられる。

トリチウム分析結果から、左岸の深井戸は右岸の深井戸に比べて涵養された後の滞留時間が長いことが考えられる。これはの結果とも矛盾しない。

地下水汚染は基本的には深層地下水までは達していないが、部分的には深層地下水でも硝酸性窒素が検出されており、浅層と深層がつながった領域もあることが示唆される。

また、地下水涵養機構を大淀川本川の左右岸各々に着目すると

左岸側は溶岩台地で形成されているため雨水が浸透しやすく、上流部に降った雨は地下に浸透し、深層に涵養される。

右岸側は四万十層群からなる山地であるため、雨水の大部分は地下には浸透せず表面を流出する。その過程で一部は地下に浸透し、深層地下水を形成する。

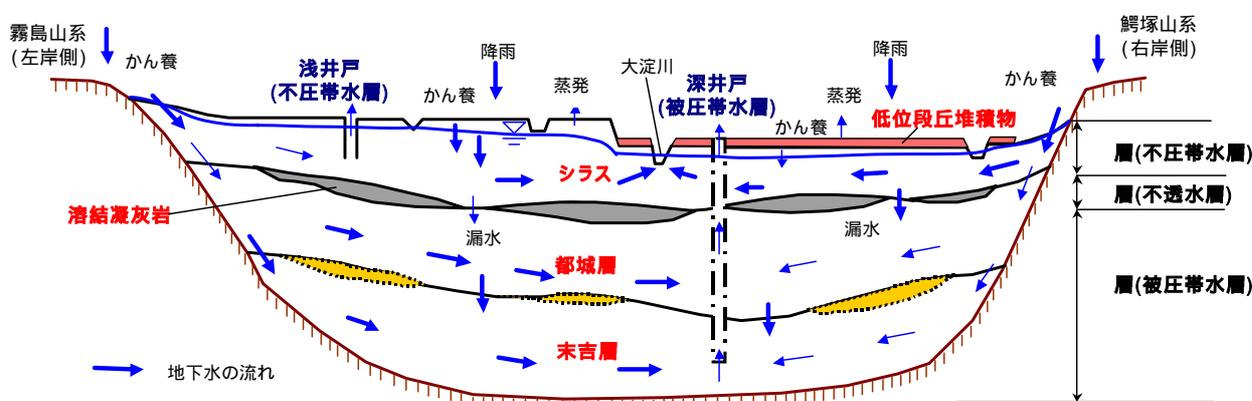


図 4-5-7 地下水流動模式図

6) 人口

都城市は、宮崎県内では2番目の人口を誇る。都城市の人口は、昭和59年までは増加していたが、昭和60年より一旦減少傾向を示し、平成2年より再度増加に転じ、ここ数年は、横ばい状態にある。平成12年の国勢調査の集計状況によると、人口は約132,000人であり、平成7年国勢調査時より幾分減少している。

一方、昼間人口は、生活圏の拡大、都市機能の整備等により、近隣町の都城市に対する依存度が年々高まり、増加する傾向にある。世帯数は、都市化の進展や核家族化の進行等により年々増加している一方、世帯構成人員は減少傾向にある。なお、今

後もこの傾向は続くものと予測される。

就業人口の構成は、平成7年の国勢調査によると、第1次産業が10.9%、第2次産業が28.8%、第3次産業が60.3%の割合で、また、製造業就業者は全体の17.7%である。農業就業者は全体の10.7%で減少傾向にあり、逆にサービス業就業者は24.6%と増加傾向を示している。

表 4-5-1 人口の推移（17年以降は市総合計画目標値）

項目	年次	推移				目標		
		昭和55年	昭和60年	平成2年	平成7年	平成14年	平成17年	平成22年
総人口		129,009	132,098	130,153	132,714	132,480	133,000	135,000
一般世帯数		41,503	43,732	45,566	49,902	52,942	54,300	57,200
平均世帯員		3.11	3.02	2.86	2.67	2.50	2.46	2.36
労働力人口		63,893	64,425	63,612	67,015	67,500	68,000	69,000
産業別 就業 人口	第1次産業	11,564	10,621	8,285	6,961	6,110	5,544	5,293
	第2次産業	16,320	15,838	17,068	18,483	19,045	19,470	19,765
	第3次産業	34,216	35,202	36,030	38,622	39,845	40,986	41,942
	分類不能	11	20	28	14			

平成14年度労働力人口は、推計値。

7) 土地利用

本市は7つの河川流域区分を有しており、大正13年の市制施行以来、この区分単位毎の集落を合併して市域が形成された沿革がある。これらの流域区分は、土地利用及び産業構造等の地域環境について、各々特徴を有している。北西部の西岳地区、東南部の中郷地区は、森林が広く分布している。中心市街地は、大淀川を境に中央地域に東西に広がっている。

農業地帯は、志和地、沖水、西岳、庄内、中央、中郷地域に広範に広がっており、水田の利用率は、沖水、庄内地域が高い。

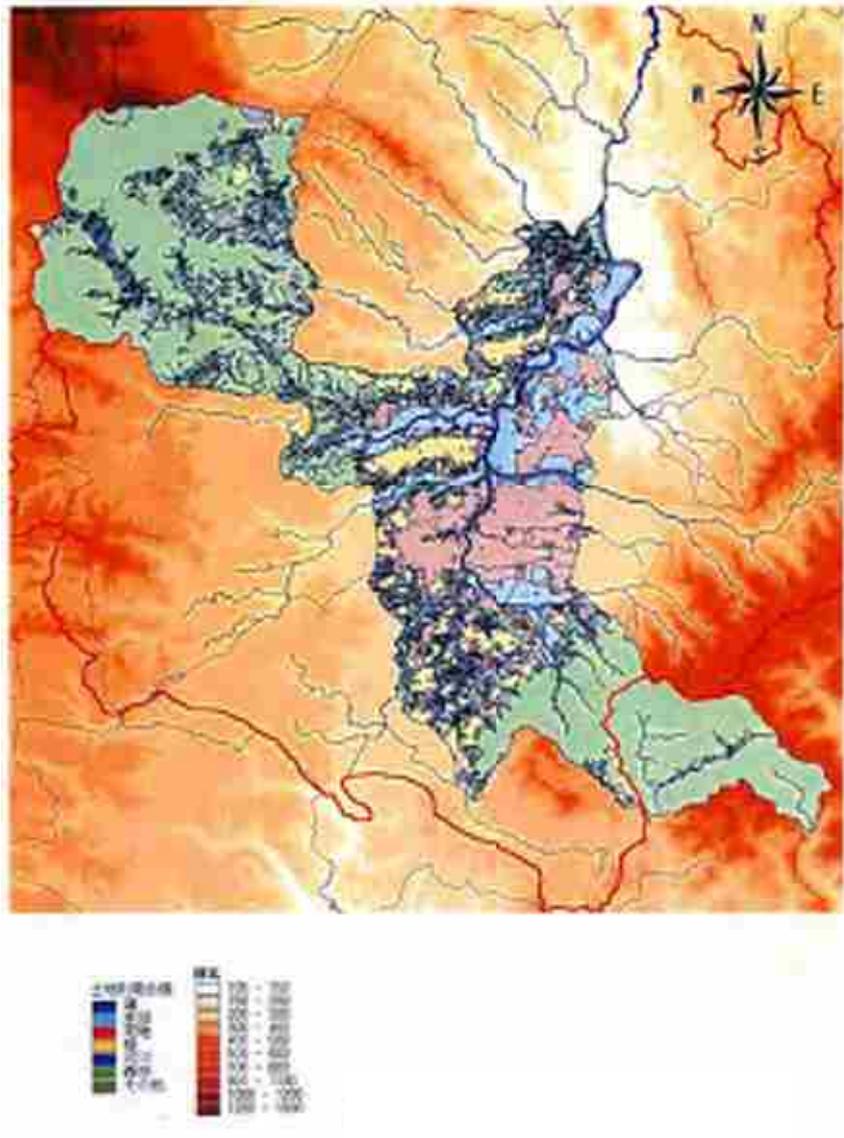


図 4-5-8 都城市土地利用状況（H12）
（出典：第三次国土利用計画（都城市計画））

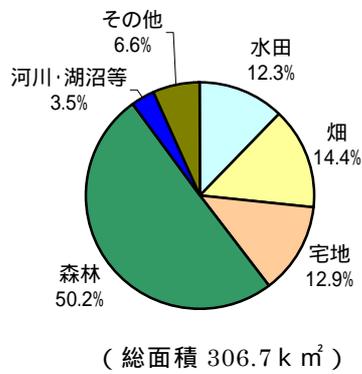


図 4-5-9 土地利用の割合

8) 上水道

本市の上水道は、公営、専用水道及び市北西部の西岳地区における簡易水道施設を含め、97.7%の普及率である。なお、上水道水源のほとんどが溶結凝灰岩の分布帯に位置しており良好で安定した水質を供給している。

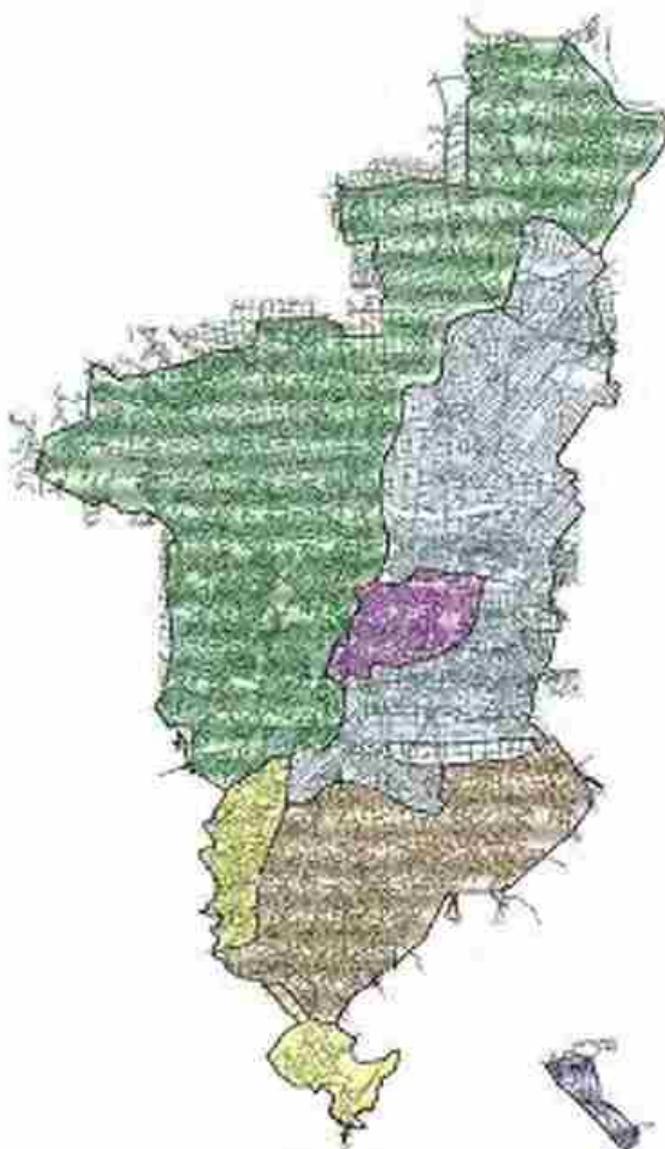


図 4-5-10 都城市上水道普及図（各浄水場系配水区域図）

表 4-5-2 上水道普及率（平成 13 年度末）

人口	131,463 人
上水道	125,582 人
専用水道	1,635 人
簡易水道	1,277 人
給水人口	128,494 人
普及率	97.7%

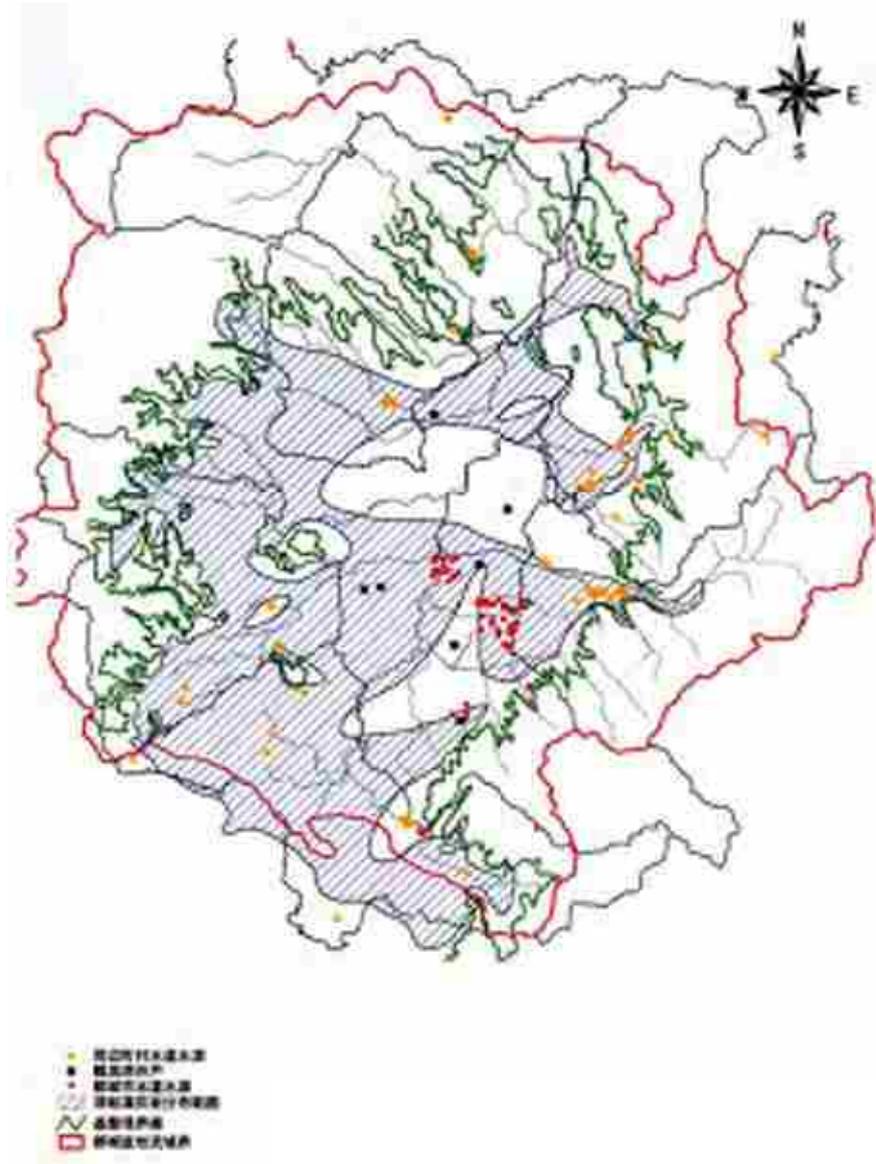


図 4-5-11 都城盆地の水道水源及び溶結凝灰岩分布図

9) 気象

年降水量の平均値は 2,500mm 程度であり、全国の平均値（1,600～1,800mm）よりも 900mm 程度多く、国内でも降水量の多い地域である。

昭和 46 年～平成 12 年までの 30 年間の月平均気温を図 4-5-13 に、昭和 36 年～平成 15 年の年平均気温の経年変化を図 4-5-14 に示す。

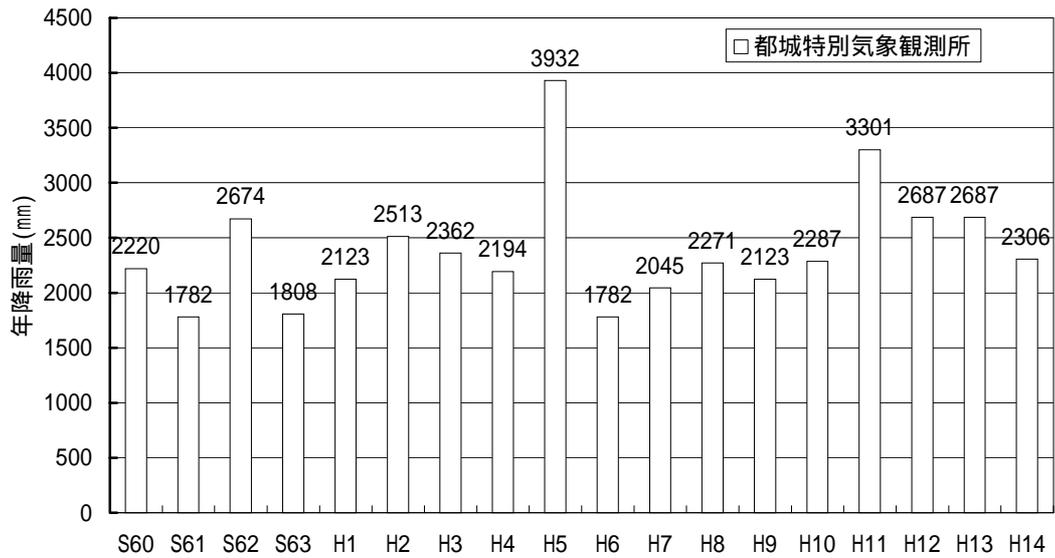


図 4-5-12 都城盆地における降水量の経年変化図 (S60~H14、都城气象台)

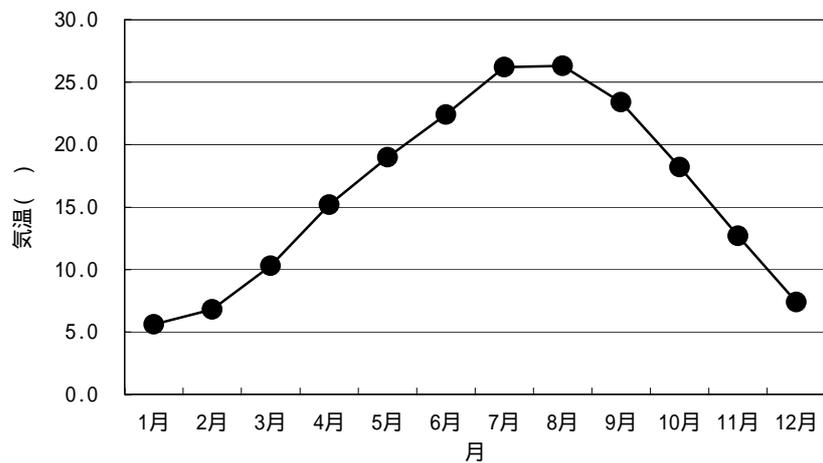


図 4-5-13 都城盆地月別平均気温変化図 (30年間平均)

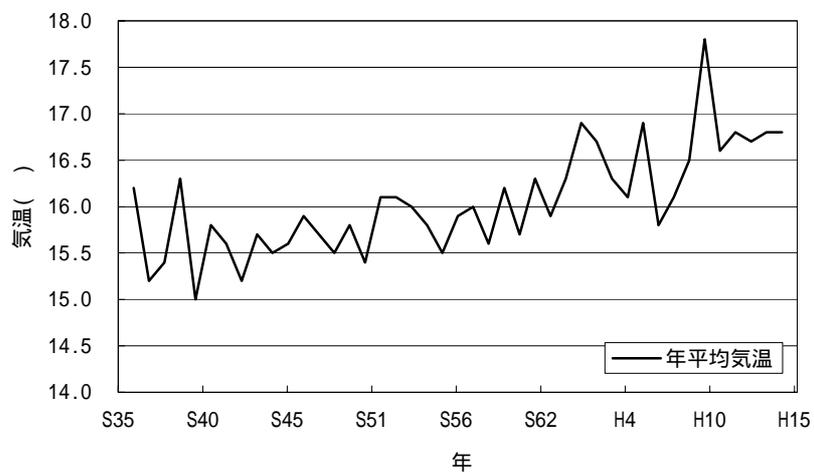


図 4-5-14 都城盆地年平均気温変化図

(2) 地下水汚染の状況

1) 地下水汚染の状況

宮崎大学農学部豊満³⁾らによる本市の地下水における硝酸性窒素濃度調査報告書では、本市の全域に分布するよう測点を選定し、平成8年8月より平成12年8月までの4年間の測定結果において、硝酸性窒素濃度の頻度分布、変動パターンの分類及び平均硝酸性窒素濃度の推移を求めている。

測定は表4-5-3に示すとおり、6地域で合計543点であり、このうち423点を解析に用いた。

表 4-5-3 全測点数と解析データ数

地域名	西岳	志和池	庄内	沖水	中央	中郷	合計
全測点数	57	170	55	25	193	43	543
解析データ数	47	90	51	22	176	37	423

全測点数：平成12年8月現在までに測定した測点数（1回だけでも含む）

地下水の硝酸性窒素濃度分布は、平成12年8月時点の分布として求めており、平衡状態の測点では解析対象期間の平均値を、上昇または下降傾向の測点については平成12年8月時点の値を用いた。この硝酸性窒素濃度分布を各地域ごとに、0 mg/L 以上 2 mg/L 未満、2 mg/L 以上 4 mg/L 未満、4 mg/L 以上 6 mg/L 未満、6 mg/L 以上 8 mg/L 未満、8 mg/L 以上 10mg/L 未満、10mg/L 以上の6段階で示している（図4-5-15）。

この結果、志和池地域が水道水の水質基準の10mg/Lを越える測点の割合が極端に高く42%であり、庄内地域、中央地域は10%程度であった。平成12年8月時点における各地域の硝酸性窒素濃度の頻度分布は、平成8年8月時点とは大きく変わっていないものと思われる。また、本市での硝酸性窒素濃度10mg/Lを越える測点の割合は約14%であり、平成8年度に行った398自治体の調査結果の5.3%（平成10年版環境白書）に比べて高い。

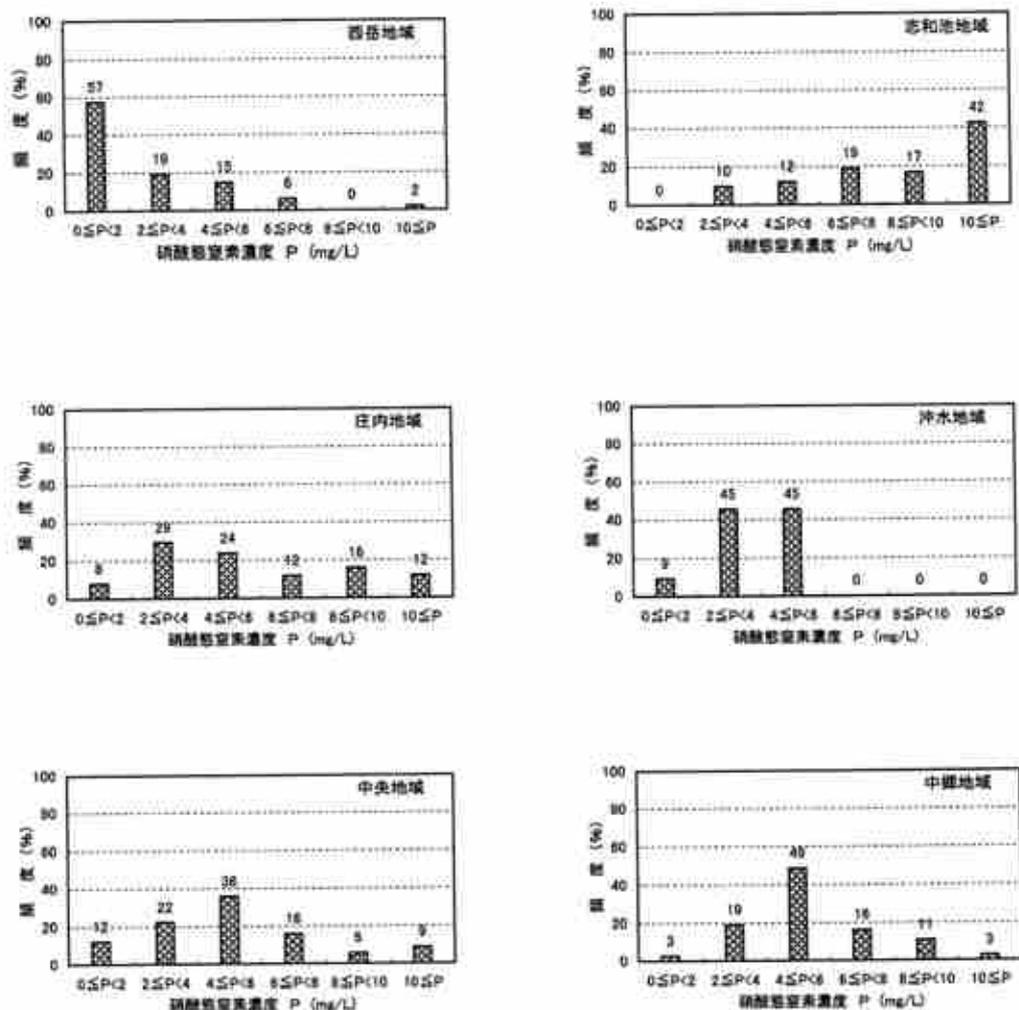


図 4-5-15 都城市における硝酸性窒素濃度の頻度分布

地下水の硝酸性窒素濃度の推移について、各月の硝酸性窒素濃度の値は 10 回以上（全測定回数 24 回）測定した測点の平均値である。欠測のあるまま、測定した測点の値だけを平均すると、各月の平均値を計算するための対象となる測点が異なるため、正確に地下水の平均硝酸性窒素濃度の推移を見ることができない。そのため各測点の欠測部分のデータを最小自乗法を適用して補完し、これを適用できないと判断される測点については欠測部の前後から推定して補完している。このことにより、各地域の平均的な硝酸性窒素濃度の推移(図 4-5-16)をより正確に表現できたと考えられる。

この結果、各地域の平均硝酸性窒素濃度の推移について、志和池地域が最も高く、10mg/L 前後でほぼ横這い状態で、次に庄内、中央、中郷地域が 6 mg/L 程度とほぼ同じ濃度で横這い状態で推移している。沖水、西岳地域は庄内、中央、中郷地域よりも濃度が低く、同様に横這い状態で推移している。

また、本市全域の平均硝酸性窒素濃度については、表 4-5-3 に示すように地域ごとに測点数が大きく異なるため、地域ごとに前述した方法で各月の平均硝酸性窒素濃度を求め、土地面積の重みを付けて平均値を算出している。本市全体の平均硝酸性窒素

濃度の推移は、図 4-5-17 に示すように 5 mg/L 前後でほぼ横這い状態で推移している。
 以上のことから、本市の地下水の硝酸性窒素濃度は平衡状態であると考えられる。

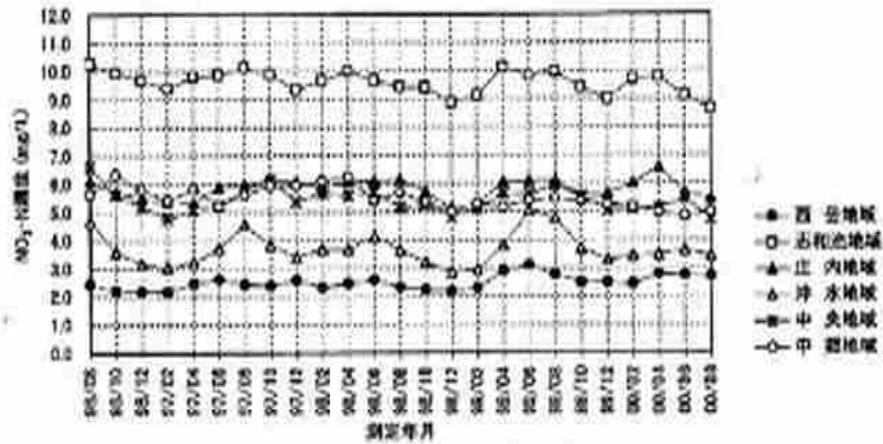


図 4-5-16 都城市の各地域における平均硝酸性窒素濃度の推移

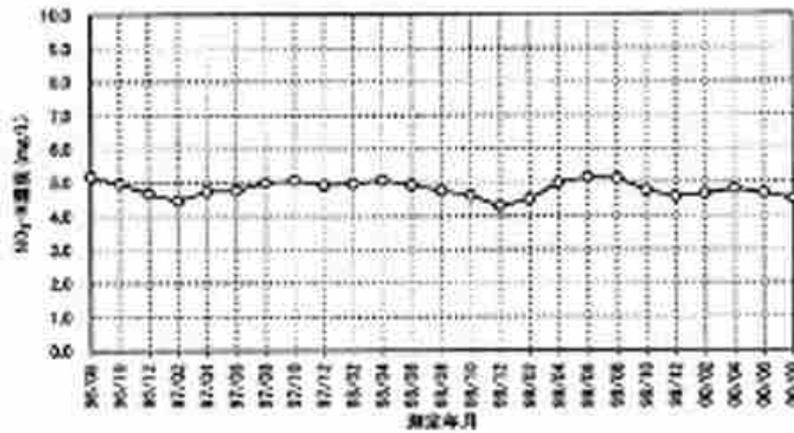


図 4-5-17 都城市における平均硝酸性窒素濃度の推移

平成 8 年から平成 12 年までの硝酸性窒素濃度分布の推移を図 4-5-18 に示すが、
 際立って濃度変化が生じた箇所は見受けられない。



図 4-5-18 浅井戸の硝酸性窒素濃度分布推移図（平成 8 年～平成 12 年）

上水道水源については、安全性を確認するために各水道水源（46本）の硝酸性窒素濃度の常時監視を行っており、図4-5-19に示すように各浄水水源の平均硝酸性窒素濃度は低い濃度で推移している。

図4-5-11で示したように上水道水源は、そのほとんどが溶結凝灰岩下層部の被圧地下水を利用しており、安定した水質の水を供給している。

しかし、溶結凝灰岩の分布は偏っており、浅層地下水と深層地下水は連続していると考えられることから、一部の水道水源井戸では、硝酸性窒素濃度が平均値と比べて高い値で推移している地点も存在している。

図4-5-20は硝酸性窒素濃度が5mg/L以上及び変動が激しい水源井戸の経時変化であるが、そのほとんどにおいて、濃度の上昇傾向は見られない。

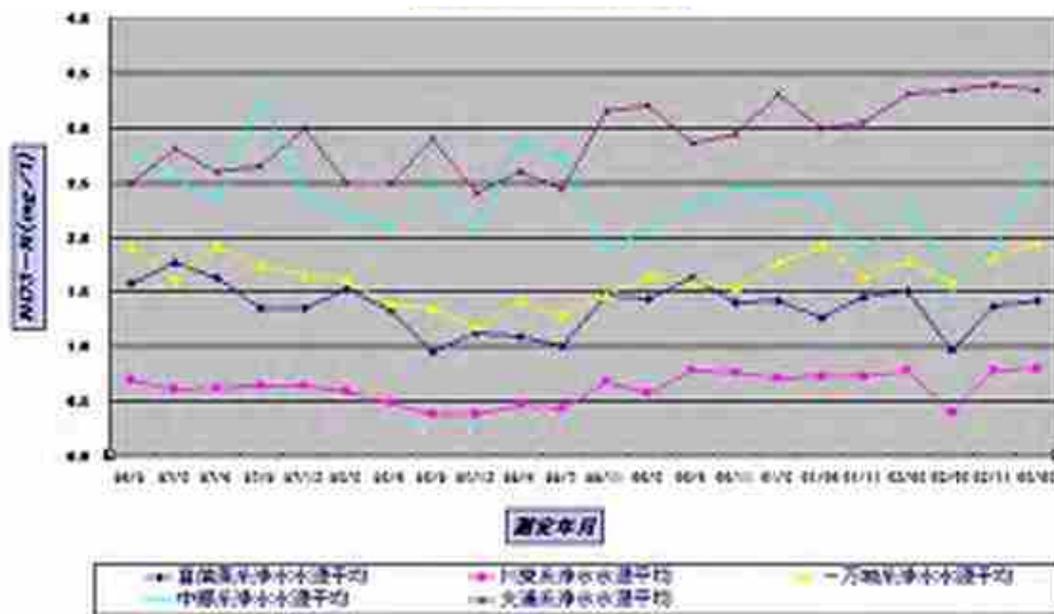


図4-5-19 各上水道水源における平均硝酸性窒素濃度の推移

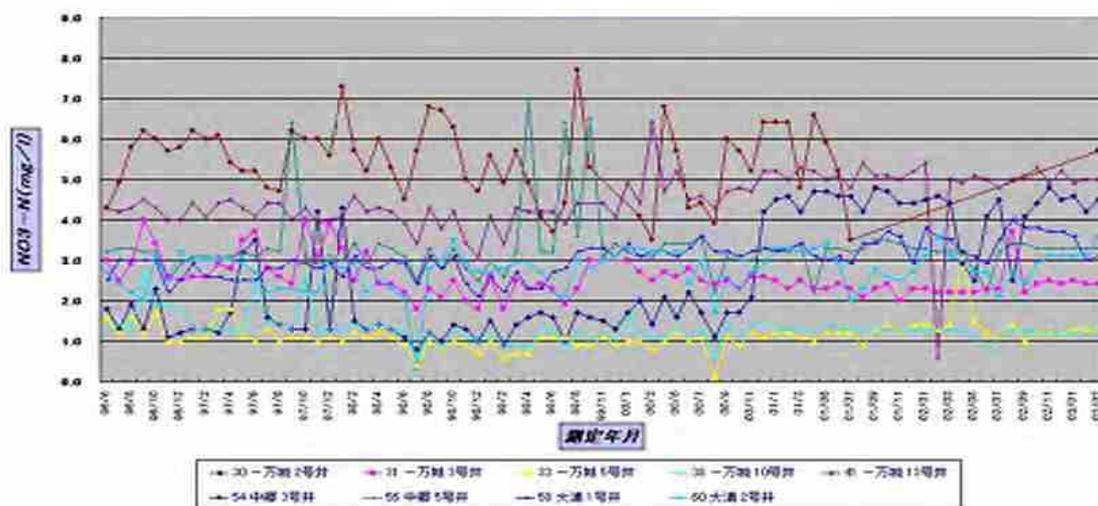


図4-5-20 上水道水源における硝酸性窒素濃度の推移

2) その他水域の状況

ア) 河川流量

大淀川上流域は、その地形的特徴から一大地下水盆を形成しており、盆地内に降った雨水は一旦地下水として涵養され、その後基底流出として河川に流出する機能に優れている。このため、同流域の流況は比較的安定しており、他の河川に比べて豊水期と渇水期の流量差は小さい。特にシラス台地の広がる左岸側の河川は、渇水期においても豊富な水量を有している。しかし、近年の都市化による不浸透面積の増加や、森林域の涵養能力の低下により、地下水涵養能力の低下が懸念されている。

図 4-5-22 に樋渡地点の昭和 38 年以降の流況を示す⁴⁾。流況に大幅な変化はないものの、長期的トレンドで見た場合、渇水流量は若干低下傾向を示していると思われる。

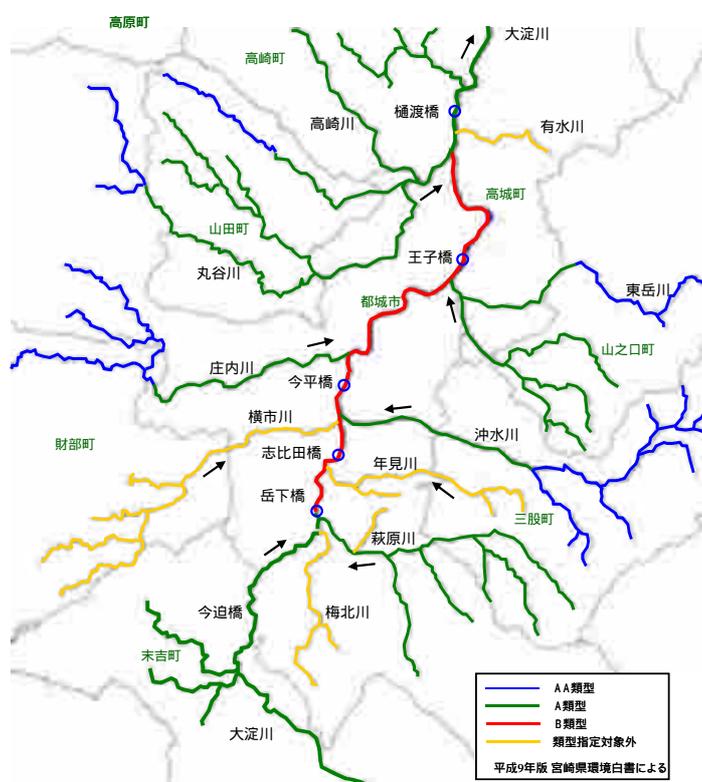


図 4-5-21 流域の類型指定状況

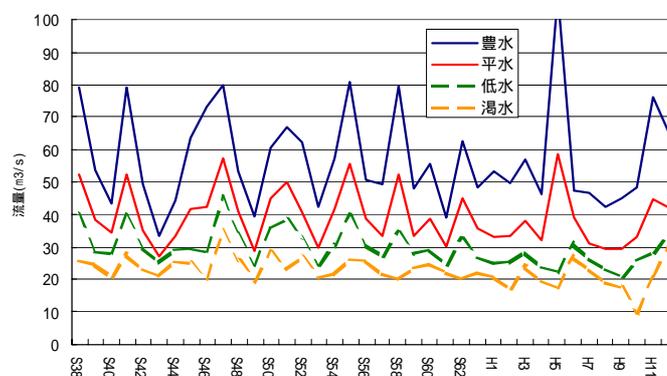


図 4-5-22 S38～H12年の流況（樋渡地点）

イ) 河川水質（全窒素）

平成3年～平成12年の最近10ヶ年における大淀川上流域河川の水質の経年変化を表4-5-4、図4-5-23、図4-5-24に示す⁴⁾。

BODは、対象流域で最も水質が悪く、大淀川本川で唯一B類型指定区間にある志比田橋地点において平成12年にB類型の環境基準値（3mg/L）を超えている。志比田橋は都城市の中心部にあり、生活系の負荷や工場排水等からの汚濁負荷の影響が顕著な地点である。

一方、窒素・リン濃度は最近10年は、ほぼ横這いの傾向を示しているが、濃度は高い状況が続いている。志比田橋地点の平成13年の窒素濃度（年平均値）は3.5mg/L、リン濃度（年平均値）は0.24mg/Lとなっているが、これは平成7年版の水産用水基準（全窒素1.0mg/L以下、全リン0.1mg/L以下）に比べて高い数値である。

表 4-5-4 BOD75%値の経年変化

河川名	観測地点名	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	環境基準
大淀川	岳下橋	2.7	3.0	1.7	2.4	1.8	2.4	1.8	1.8	1.9	2.6	2.9	2.0
大淀川	志比田橋	4.2	4.6	2.9	2.9	3.0	3.1	3.5	2.7	2.4	3.2	3.0	3.0
大淀川	乙房橋	3.1	3.3	2.7	2.6	3.0	2.6	2.0	1.7	2.1	2.5	2.5	3.0
大淀川	樋渡橋	2.2	2.3	1.5	1.4	1.6	1.2	1.4	1.1	1.4	1.7	1.7	2.0
横市川	源野橋	1.2	1.1	1.0	1.1	1.3	1.7	1.1	1.2	1.0	1.2	-	2.0
庄内川	鷓之島橋	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	1.1	0.8	1.0	0.6	0.8	-	2.0
高崎川	鶴崎橋	1.2	1.3	1.0	1.1	1.5	1.2	1.1	0.9	0.7	0.9	-	2.0
萩原川	木之前橋	1.1	1.6	1.4	1.2	1.6	1.6	1.2	1.1	0.9	1.3	-	2.0
年見川	宮丸橋	2.0	2.8	1.9	2.7	3.2	4.3	1.9	1.3	1.3	1.4	-	2.0
沖水川	下沖水橋	1.1	1.5	1.6	2.5	2.1	2.8	1.4	2.4	1.6	2.7	-	2.0
東岳川	下東岳橋	1.1	1.6	1.4	1.5	0.9	1.5	1.3	1.2	-	0.6	-	2.0

環境基準値以上を太字ゴシックで示す

出典：大淀川本川 一級河川の水質測定資料（九州）H12年度版：九州地方整備局（H13のみ宮崎工事事務所提供）

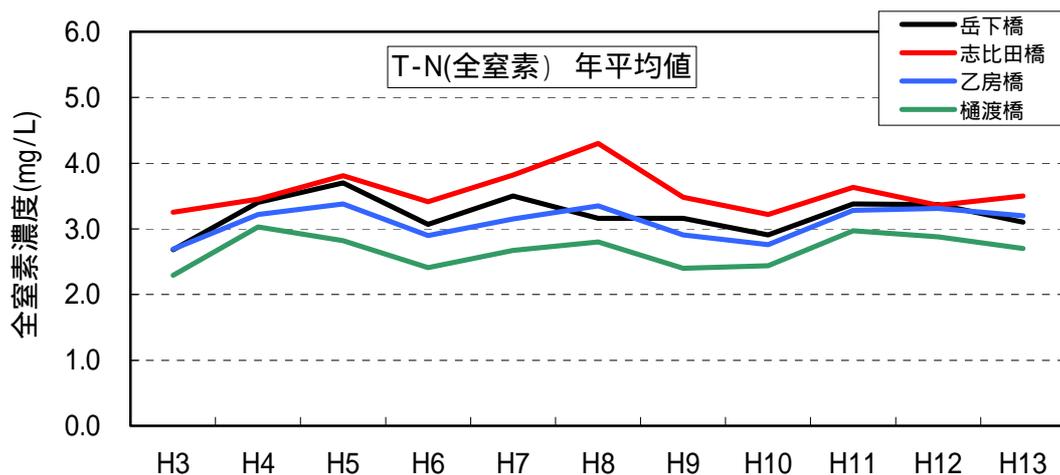


図 4-5-23 大淀川本川における全窒素濃度の経年変化 (H3 ~ H13)

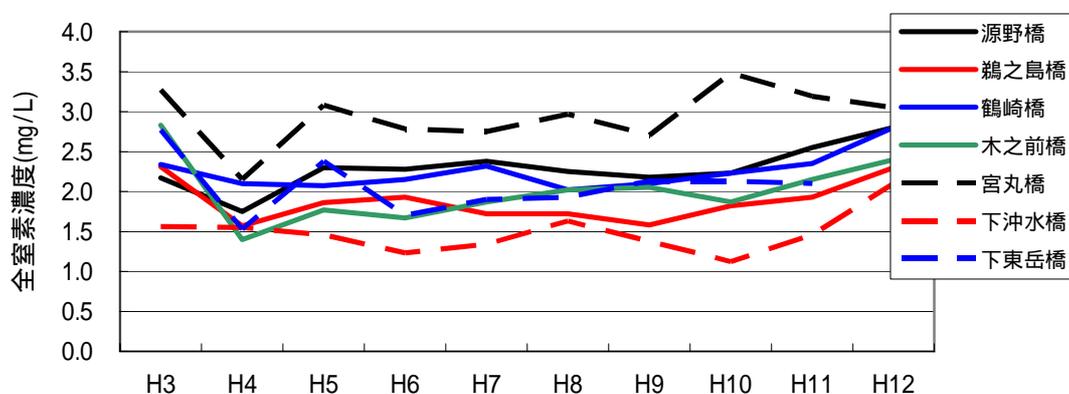


図 4-5-24 大淀川支川における全窒素濃度の経年変化 (H3 ~ H12)

(3) 地下水汚染の原因

1) 汚染原因・汚染機構解析

本市では、平成 12 年 11 月に硝酸性窒素濃度の高い志和池地区内の 55 地点の井戸と中郷地区の水道水源 1 地点について水質分析を行うと共に、井戸周辺の土地利用状況、畜舎の分布等も調査した。ここでは、これらの情報を用いて、硝酸性窒素濃度の井戸間変動と汚染に関わる要因について記す。

ア) 目的

畜産が盛んな宮崎県は、家畜排せつ物による農耕地単位面積当りの窒素負荷量が全国で最も高く⁵⁾、家畜排せつ物由来の物質による環境汚染が懸念される。本研究は、県内でも窒素負荷量並びに井戸水の平均硝酸性窒素濃度が高い、都城市志和池地区（それぞれ 1,171 kg/ha/年及び 8.6 mg/L）⁶⁾内の井戸から得られた水質などに関するデータをもとに、個々の井戸のレベルでの硝酸性窒素濃度の変動とそれに

本節の内容はシステム農学会 2003 年度春季シンポジウム・一般研究発表会において発表(杉本安寛・平田昌彦 (2003) 宮崎県内の地下水汚染地区における硝酸態窒素濃度の井戸間変動とそれに影響を及ぼす要因の解析.システム農学 19(別 1),79-80)。

影響を及ぼす要因について明らかにしようとしたものである。

イ) 方法

都城市志和池地区において平成 12 年 11 月に調査を行った 49 の井戸からのデータ(水質、井戸の立地条件や利用状況、畜産経営との関連などに関する 20 変数(連続尺度あるいは名義尺度))を用いた(実際に調査された 55 の井戸から、すべての変数において欠測値のない 49 を選んだ)。

硝酸性窒素濃度と連続尺度変数の関係は Pearson の相関係数により評価した。硝酸性窒素濃度に及ぼす名義尺度変数の影響は、変数が 2 水準の場合には Wilcoxon の順位和検定により、3 水準以上の場合には Kruskal-Wallis 検定により評価した。硝酸性窒素濃度の重回帰モデルは、説明変数の線型効果の和とし(切片を含む)、変数の交互作用は考慮しなかった。説明変数の候補としては立地、利用、畜産経営との関連などに関する 10 変数を用い、変数増加法(F_{IN} level=0.1)による変数選択を行った。名義尺度変数については水準を数量化し、3 水準以上の場合には水準全体で変数の有意性を評価した。

ウ) 結果

地下水の硝酸性窒素濃度は 1.1~28.4 mg/L の範囲にあり、32(約 65%)の井戸で水道水の水質基準(10 mg/L)を超え(図 4-5-25 上)、調査地区における地下水汚染が深刻であることが確認された。硝酸性窒素の ^{15}N 値は 4.2~17.8%の範囲にあり、19(約 39%)の井戸で 9%を、5(約 10%)の井戸で 12%を超えた(図 4-5-25 下)。

硝酸性窒素濃度は Ca イオン濃度と水温を除くすべての水質変数と有意($P<0.05$)な相関を示し(表 4-5-5)、Ca/Cl 比とは負の関係($r=-0.386$ 、 $P=0.006$)に、 ^{15}N 値とは正の関係($r=0.444$ 、 $P=0.001$)にあった。また、硝酸性窒素濃度は、標高が高い井戸ほど($r=0.304$ 、 $P=0.034$)、また、半径 100 m 圏内の畜舎面積が大きい井戸ほど($r=0.433$ 、 $P=0.002$)高かった(図 4-5-26)。さらに、硝酸性窒素濃度は飼養畜種($P=0.044$)や耕地への糞尿散布の有無($P=0.008$)により有意に異なり、豚>鶏>牛>“なし”の順に高く、耕地への糞尿散布“あり”の場合が“なし”の場合より高かった(図 4-5-25)。井戸の用途の効果も比較的有意($P=0.121$)であり、畜産>その他であった。

硝酸性窒素濃度の井戸間変動の約 45%($P=0.0000$)が 5 種類の説明変数をもつ重回帰モデルにより説明できた(表 4-5-6)。硝酸性窒素濃度は、標高が高いほど、半径 100 m 圏内の畜舎面積が大きいほど高く、標高 1 m の増加につき 0.19 mg/L、畜舎面積 100 m² の増加につき 0.33 mg/L 増加した。また、周辺耕地がない場合や田の場合に比べて、畑の場合には約 3.41 mg/L 高く、田畑の場合には約 0.65 mg/L 高かった。さらに、家畜(牛、豚もしくは鶏)を飼養している場合には飼養してい

連続尺度変数は、水質成分、標高、井戸深度、飼養家畜単位、畜舎面積など量的データとして測定できるもの。名義尺度変数は、用途、畜種、周辺耕地、耕地への糞尿散布、飲用の有無、市水設置状況など質的データの違いを評価するため、便宜上、-1、0、1などの数値を与え、重回帰分析を行った。

ない場合よりも約 2.97 mg/L 高く、市水がある場合にはない場合よりも約 5.58 mg/L 高かった。

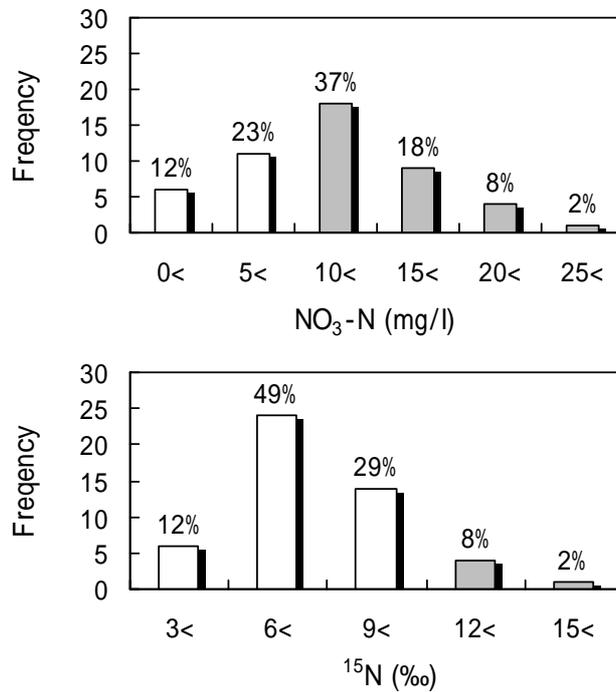


図 4-5-25 地下水の硝酸性窒素濃度と ¹⁵N 値の分布

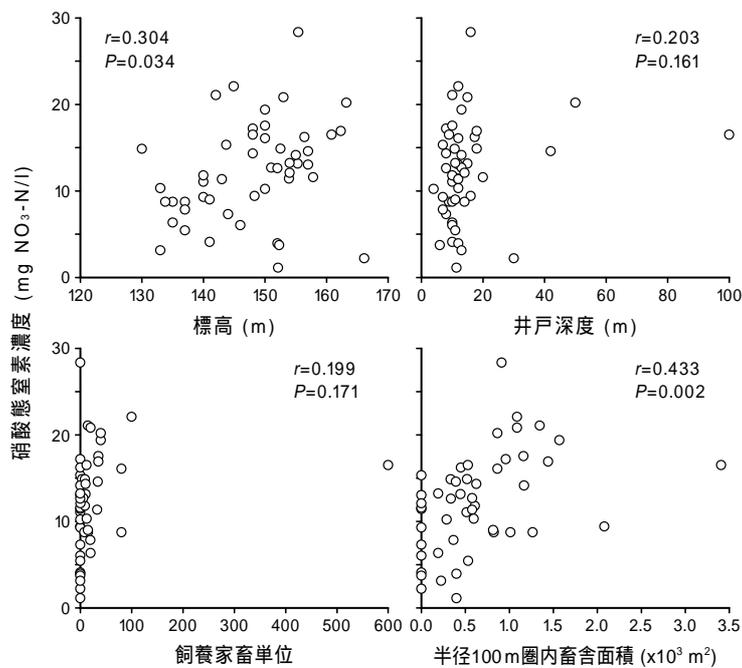


図 4-5-26 地下水の硝酸性窒素濃度と標高、井戸深度、飼養家畜単位および半径 100 m 圏内畜舎面積の関係

表 4-5-5 地下水の硝酸性窒素濃度とその他の水質変数との相関係数 (r)

変数	r	P
Cl	0.527	0.000
SO ₄	0.520	0.000
Na	0.448	0.001
K	0.306	0.032
Ca	0.249	0.084
Mg	0.434	0.002
Ca/Cl	-0.386	0.006
Cl/NO ₃ -N	-0.406	0.004
$\delta^{15}\text{N}$	0.444	0.001
pH	-0.322	0.024
水温	0.121	0.408

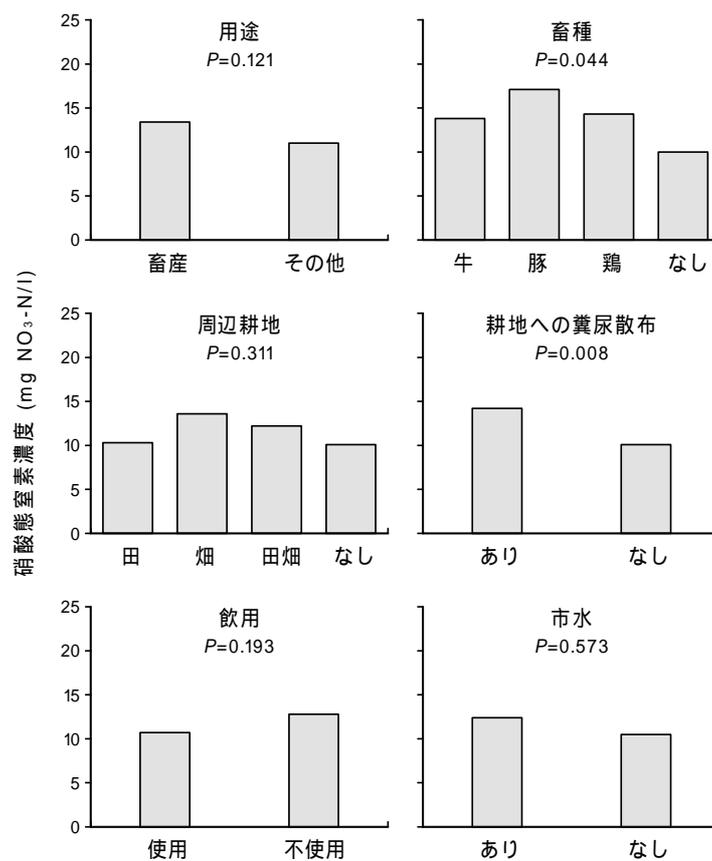


図 4-5-27 地下水の硝酸性窒素濃度に及ぼす井戸の用途、飼養家畜種、周辺耕地の種類、耕地への糞尿散布の有無、飲用の有無ならびに市水の有無の影響

表 4-5-6 地下水の硝酸性窒素濃度に対する重回帰分析の結果 ^{a)}

変数 (単位)	推定値 ^{b)}	P	名義尺度の場合の値
切片	-20.79	-	-
標高 (m)	0.190	0.020	-
周辺耕地	-1.015	0.083	畑, 田畑 = -1; 田, なし = 1
周辺耕地	-1.376	0.119	畑 = -1; 田畑 = 1; 田, なし = 0
半径 100 m 圏内の畜舎面積 (m ²)	0.0033	0.011	-
畜種	-1.484	0.052	牛, 豚, 鶏 = -1; なし = 1
市水	-2.791	0.015	あり = -1; なし = 1

^{a)} $R^2=0.448$, $P=0.0000$, $RMSE=4.52$. ^{b)}切片以外は偏回帰係数.

工) 考察

a) 硝酸性窒素の由来

硝酸性窒素の ¹⁵N 値は化学肥料由来では $-6 \sim +2.6\%$ 、土壌窒素由来では平均 $+8.8\%$ 、生活排水の土壌処理の結果では平均 $+11.1\%$ 、家畜排せつ物由来では平均 $+14.4\%$ とされている ⁷⁾ことから、¹⁵N 値が 12% を超えた井戸 (図 4-5-25 下) の硝酸性窒素は家畜排せつ物に由来する部分が多いものと考えられる。同時に、硝酸性窒素濃度が高い井戸ほど ¹⁵N 値が高かったこと (表 4-5-5) から、汚染が進んだ井戸ほど家畜排せつ物に由来する部分が多いものと考えられる。このような ¹⁵N 値と硝酸性窒素濃度の正の相関関係は、化学肥料の影響が比較的大きいとみられる畑作地帯における関係 ⁷⁾とは対照的である。

さらに、硝酸性窒素濃度が、人畜の影響の指標とみなされる ⁷⁾Ca/Cl 比と有意な負の相関を示したこと (表 4-5-5)、半径 100 m 圏内の畜舎面積が大きいほど高かったこと (図 4-5-27、表 4-5-6)、家畜を飼養している場合には飼養していない場合よりも高かったこと (図 4-5-27、表 4-5-6) は、家畜排せつ物が地下水の汚染源であることを示す間接的証拠としてとらえられる。

硝酸性窒素濃度が、標高が高いほど高く (図 4-5-26、表 4-5-6)、耕地への糞尿散布 “あり” の場合がない場合よりも高く (図 4-5-27)、周辺耕地が畑の場合に高かったこと (表 4-5-6) は、家畜排せつ物がもっぱら畑に散布され、畑が他の土地 (田など) よりも標高の高い場所に分布することを反映するものととらえられる。

b) 硝酸性窒素の動態

硝酸性窒素濃度に対する、井戸から半径 100 m 圏内の畜舎面積の密接な関連性 (図 4-5-27、表 4-5-6) と、井戸の存在する場所における飼養家畜単位の非関連性 (図 4-5-27) は、硝酸性窒素濃度が、井戸の存在する場所よりも、その近傍も含めた空間的範囲における家畜飼養状況を反映することを示し、家畜排せつ物あるいは硝酸性窒素が水平方向にある程度移動することを示唆するものである。移動の可能性としては、地上での人間による運搬、地下水中的での拡散などが考えられ

る。

c) 硝酸性窒素濃度制御の可能性

重回帰モデル(表 4-5-6)から、例えば、調査地区の平均標高(148 m)に位置する畜産農家が糞尿を周辺の畑に散布すると想定し、市水に頼らずに、水質基準である 10mg/L 以下の硝酸性窒素濃度を維持するための、安全を見込んだ目安として、半径 100m 圏内の畜舎面積を 500m²程度に止めることなども対策として導かれる。この畜舎面積が調査地区においてどの程度の家畜頭羽数に相当するのかが明らかになれば、地下水の硝酸性窒素濃度を安全なレベルに維持するための具体的な基準について、経験的にはあるが推定できることになる。また、家畜排泄物の処理形態も考慮した上で、井戸周辺の単位面積あたりの地下に浸透する窒素負荷量が推定できれば、より精度の高い予測が可能になるとと思われる。

d) 結論

本研究から、“都城市において家畜排せつ物由来の窒素が地下水の硝酸性窒素濃度に影響を及ぼしている”という杉本ら(2000)⁶⁾の推察を支持する、いくつかの直接的・間接的証拠が得られた。同時に、散布された硝酸性窒素の動態や地下水の硝酸性窒素濃度を制御するための示唆が得られた。家畜排せつ物は、地下水の汚染だけでなく、河川などの地表水や大気汚染源ともなり得る⁹⁾。したがって今後は、家畜排せつ物に由来する物質の動態を、陸圏・水圏の広範囲にわたって把握し、予測可能にするための研究を、さらに進めることが必要であると考えられる。特に物質動態の予測という観点からは、本研究で得られた知見を取り入れ、硝酸性窒素の動態のより機構的なモデルを開発することが必要である。

2) 窒素負荷量の実態調査

浅層地下水の硝酸性窒素汚染の要因を地区別に推定するため、生活系負荷、産業系負荷、不適切な家畜排せつ物に起因する負荷等、負荷源別の影響を把握するための基礎資料を収集・整理した。

集計は図 4-5-28 に示す主要河川の流域別を実施した。ただし、土地利用現況については、土地利用図(図 4-5-8 参照)を基に整理した。



図 4-5-28 データ集計を実施した領域の区分

ア) 生活系負荷

人間のし尿、生活排水による窒素負荷は、その処理形態により水域に与える影響度が異なる。下水処理施設や農業集落排水施設、合併浄化槽が整備されている地域では、地下に浸透する負荷はほぼ0と見なすことができる。一方で、単独浄化槽や、くみとりによる処理が行われている流域では、生活排水はそのまま河川等に流出するため、負荷の一部は地下に浸透するものと見なすこととする。ここでは、平成12年の国勢調査結果を整理し、町丁目毎の人口を整理すると共に、主要河川流域毎の非水洗化率（単独浄化槽やくみとりで処理されている人口の割合）を第二次宮崎県生活排水対策総合基本計画（H14.3）を基にして求めた。

表 4-5-7 各流域の家庭排水の処理形態別人口と非水洗化率（データ集計年：H12年）

No.	流域名	生活排水(人)					計	非水洗化率
		下水	農集	合併	単独	くみとり		
1	高崎	0	0	23	135	473	631	96%
2	丸谷	0	0	110	266	793	1169	91%
3	丸谷	0	0	329	796	2379	3504	91%
4	庄内	0	0	720	3135	6815	10670	93%
5	大淀	1462	368	1661	8981	6669	19141	82%
6	花之木	-	-	-	-	-	-	81%
7	横市	35	0	925	3505	4565	9030	89%
8	沖水	252	0	142	1780	350	2524	84%
9	大淀	1188	299	1350	7297	5419	15553	82%
10	年見	25614	0	1908	18012	7522	53056	48%
11	梅北	0	0	407	2396	3559	6362	94%
12	萩原	0	1206	356	1657	3104	6323	75%
13	大淀	396	0	450	2432	1806	5084	83%
14	安楽	0	0	28	284	653	965	97%
	計	28947	1873	8409	50676	44107	134012	85%

イ) 産業系負荷

産業系の窒素負荷の算出については、第二次宮崎県生活排水対策総合基本計画を基に特定事業場からの排水及び業種別排水負荷量を整理した。ただし、規制対象となる特定工場からの排水は処理されて河川に排出されていること、それ以外の産業系負荷も考慮した産業系負荷の合計値の割合は生活系、畜産系、農業系の負荷に比べて小さいこと（全負荷量に対する割合は約 1.4%、表 4-5-8 参照）から、地下浸透の汚染源の対象外とした。

表 4-5-8 流域別の負荷内訳（H12 年度データの集計値）

No.	流域名	負荷量(全窒素, kg/日)			
		生活系	産業系	畜産系	面源系
1	高崎	2.3	0.1	4.1	25.3
2	丸谷	4.6	2.7	21.6	298.9
3	丸谷	13.8	7.4	64.9	508.7
4	庄内	45.6	12.0	146.3	1082.2
5	大淀	117.8	7.8	38.2	336.0
6	花之木	0.0	0.1	1.6	17.5
7	横市	45.6	9.0	21.8	305.5
8	沖水	17.1	1.3	5.1	44.1
9	大淀	95.7	6.4	31.1	293.4
10	年見	414.7	19.8	28.4	40.2
11	梅北	30.6	3.0	41.5	668.5
12	萩原	29.7	6.3	44.7	230.9
13	大淀	31.9	2.1	13.5	97.8
14	安楽	28.6	0.5	48.3	76.3
	計	877.94	78.46	511.05	4025.06
	比率	16.0%	1.4%	9.3%	73.3%

ウ) 畜産系負荷（不適切処理分）

第二次宮崎県生活排水対策総合基本計画を基に、流域別に家畜飼育頭数を把握した。同資料では、平成 12 年度時点における不適切処理（野積み、素掘り等）の頭数を把握しており、本検討でも不適切処理分についてはその一部が地下浸透するものと考えた。

表 4-5-9 不適処理に伴う畜産系負荷量

流域名	牛		豚		馬		流域別 負荷量 (kg/年)
	不適切処理 (頭)	負荷量 (kg/年)	不適切処理 (頭)	負荷量 (kg/年)	不適切処理 (頭)	負荷量 (kg/年)	
高崎川	65	172.25	352	192.90	3	4.65	369.80
丸谷川	347	919.55	1,881	1,030.79	17	26.35	1,976.69
丸谷川	1,041	2,758.65	5,644	3,092.91	52	80.60	5,932.16
庄内川	2,332	6,179.80	12,631	6,921.79	116	179.80	13,281.39
大淀川	612	1,621.80	3,317	1,817.72	31	48.05	3,487.57
花之木川	37	98.05	105	57.54	0	0.00	155.59
横市川	350	927.50	1,893	1,037.36	17	26.35	1,991.21
沖水川	81	214.65	440	241.12	4	6.20	461.97
大淀川	498	1,319.70	2,695	1,476.86	26	40.30	2,836.86
年見川	455	1,205.75	2,465	1,350.82	23	35.65	2,592.22
梅北川	666	1,764.90	3,609	1,977.73	33	51.15	3,793.78
萩原川	699	1,852.35	3,786	2,074.73	35	54.25	3,981.33
大淀川	275	728.75	898	492.10	8	12.40	1,233.25
安楽川	814	2,157.10	4,402	2,412.30	40	62.00	4,631.40
合計	8,272	21,920.80	44,118	24,176.66	405	627.75	46,725.21

備考) 牛、豚は不適切処理のみ計上。馬については、全て計上。

エ) 農業系負荷

農業系負荷としては、畜糞の施肥(スラリー及び堆肥)、化学肥料の施肥がある。これらは、通常肥料として併用されるが、使用する過程において、作物への吸収、大気中への揮散、水域への流亡等により約3割の窒素分が地下水へ浸透流出することが推測される。

以下に、検討方法を記す。

スラリー及び堆肥の施肥量は、流域における畜糞発生量と窒素原単位、肥育種毎の利用率を勘案して推定した。また、化学肥料は、耕作種毎の都城地区施肥設計指導基準(以下、施肥基準)と耕作地面積を基に推定した。

なお、本市を含む都城盆地では流域全体で畜産経営が盛んであり、同流域でほぼ同様の農業形態が営まれていると推測される。また、都城盆地が閉鎖的な地下水盆を形成しており、本市以外の地域の状況も地下水汚染に密接に関係していると推察されるため、都城盆地流域の本市周辺8町のデータも入手し、施肥に関する情報を収集し、比較を行って農業系負荷量を推定した。

- a) 流域の作種毎の作付面積と標準施肥量(堆肥及び化学肥料)による施肥量推定ヒアリング及び資料収集を行い、次の情報を基に施肥量を推定した。

対象地域の耕作種毎の施肥量(堆肥及び化学肥料)に関する情報

耕作種毎の作付け面積に関する情報

- 1)流域毎の畑地面積を土地利用分布図（図 4-5-8 参照）から求める。
- 2)各自治体の耕作種毎の作付け面積データを上記 1)の情報を基に各流域に配分する。
- 3)耕作種毎の施肥基準データから、単位面積当たりの窒素負荷を算定する。

この方法により求めた畑地（全耕作種平均）への窒素施肥量は 30.8kg/10a/年となった。

b) 家畜排せつ物発生量と化学肥料標準施肥量による施肥量の推定

流域の家畜飼育頭数、畜糞の堆肥利用率、化学肥料の施肥量のデータを各自治体毎に集計し、畑地への施肥量を推定した結果を以下に示す。なお、盆地内で生産される畜糞は田にも施肥されることから、試算は水田の作付け面積も含めて実施した。表 4-5-10 に推定結果を示す。

表 4-5-10 盆地内の畜産農業由来による窒素負荷量

自治体	家畜頭羽数		1頭当りの窒素負荷 (g/日)		家畜糞尿由来の窒素排出量 (t・N/年)		作付け延べ面積 (ha)	堆肥施肥量 (kg・N/ha・年)	化学肥料施肥量 (kg・N/ha・年)
	豚	牛	豚	牛	豚	牛			
都城市	177,900	39,510	40.00	290.00	2,597	4,182	9,570	504.9	129.6
末吉町	37,700	16,840	40.00	290.00	550	1,783	3,051	629.3	121.4
財部町	33,100	5,320	40.00	290.00	483	563	1,957	349.5	130.4
山田町	28,800	3,733	40.00	290.00	420	395	1,250	400.2	125.3
高原町	13,400	14,000	40.00	290.00	196	1,482	2,728	561.1	129.2
高崎町	37,700	15,890	40.00	290.00	550	1,682	2,963	614.1	123.2
高城町	68,700	10,096	40.00	290.00	1,003	1,069	1,752	753.1	119.2
山之口町	14,500	4,180	40.00	290.00	212	442	812	610.1	123.5
三股町	3,510	7,293	40.00	290.00	51	772	1,541	509.3	125.7
合計	415,310	116,862	-	-	6,064	12,370	25,624	-	-
							平均	548.0	125.3
							施肥量計		673.2

家畜頭羽数は、農林水産省「畜産基本・予察調査(平成13年2月1日現在)」、作付け延べ面積は、農林水産省「平成12年作物統計調査」、厩肥化率は、豚25、牛100%として算出

畑地における窒素浸透量については、上記の方法で求めた施肥量及び作物の窒素吸収量、畑地における負荷収支を考慮して畑地からの流出負荷量（原単位）を設定する必要がある。

しかし、負荷流出の形態は地形条件や降雨量及び耕作状況等様々な要因により変化するため、細かな収支を積み上げて畑地からの流出負荷量を推定するのは難しい。

一方、我が国で公表されている施肥量と流出量の調査結果を基に、窒素施肥量と浸透流出量あるいは河川流出量の関係を直接推定する式として、以下のものが提案されている。

$$L_{nN} = 0.311 F_N + 13.4$$

L_{nN} ：窒素浸透流出量、 F_N ：窒素施肥量¹⁰⁾

本検討では、この式を用いて畑地からの負荷流出量を推定することとした。

F_N に上記で求めた窒素負荷量（67.3kg/10a/年）を代入すると窒素浸透流出量は 22.3kg/10a/年（61g/10a/日）となる。

この数値は、「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 平成 11 年版」の p60 に示されている畑地における窒素負荷の調査事例の最大値（23.8kg/10a/年）に近い数値である。本検討では、窒素負荷原単位としてこの数値を用いることとした。

3) 汚染地域の窒素負荷による上水道への影響評価

本市の現状において、水道水源として利用している深層地下水については、水質の良好な状態が保たれている。

しかし、市街地南部地区（中郷地区）の水道水源では深層地下水でも若干の硝酸性窒素が検出される井戸もあり、今後、汚染が深層地下水にまで進行し拡散する可能性も否定できない。不圧地下水と河川の流向がほぼ同様であるため（図 4-5-29）、水道水源深井戸で硝酸性窒素が検出されている中郷地区と、水道水源集中地域（中央地区大淀川右岸側）を含む地下水流動解析を実施し、以下の検討を行った。

今後深層地下水が硝酸汚染を受ける可能性について
汚染を受ける可能性がある場合、どのような対策が考えられるか
対策を想定した予測解析による最適諸元の立案と対策実施時の効果の把握

モデルの概念を図 4-5-30 に示す。

なお、本検討は、宮崎大学工学部土木環境工学科杉尾研究室において実施した。



図 4-5-29 都城盆地地域の不圧地下水コンター（調査：平成 12 年 8 月）

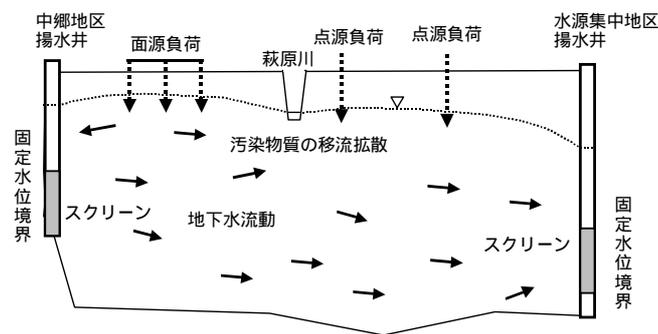
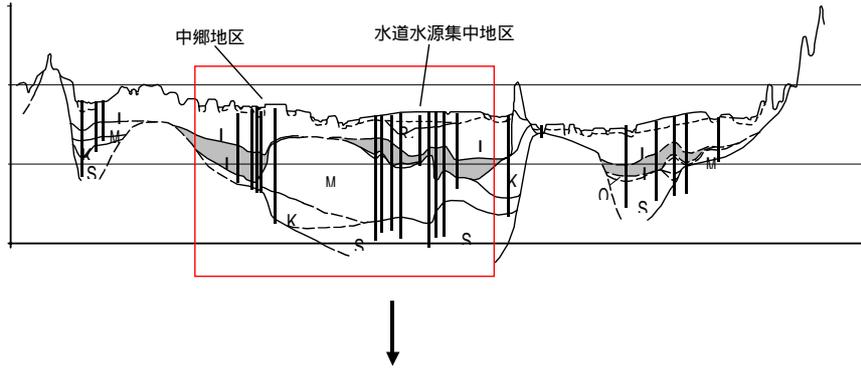


図 4-5-30 地下水流動解析のイメージ

ア) 地下水流動の再現

地下水流動の再現計算は、以下のように行った。

解析の目的は、中郷地区で進行している地下水汚染が、一万城地区に及び可能性があるかを検討することである。解析は断面二次元で行うので、中郷地区よりも南側及び一万城地区よりも北側の部分から井戸を迂回する流れはないものとし、地下水流動の解析対象断面は、図 4-5-30 のように設定する。

浸透層の透水性は均質であるとみなし、飽和透水係数はこれまでの解析で用いられていた $k=2.65 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ を採用する。また、地表面からの涵養および硝酸性窒素の負荷を取り入れた解析を行うために、地下水面よりも上部の不飽和帯（圧力水頭が負の領域）の透水係数を飽和透水係数の $1/5$ に設定して飽和・不飽和地下水流動を解析する。

地表面からの涵養量は、図 4-5-29 に示した都城盆地地域の不圧地下水コンター（調査：平成 12 年 8 月）のうち、解析断面として想定した部分の不圧地下水コンターを再現するように涵養量を設定する。

水頭の境界条件を表 4-5-11 に示す。中郷井戸群の水頭は、運転水位の平均値を適用した。萩原川の河川水位は、図 4-5-29 に示した平成 12 年 8 月の水位一斉調査のうち、上豊橋地点の水位と上高橋地点（共に萩原川の河川水位調査地点であり、解析断面に最も近い調査位置）の水位の平均を採用した。また、一万城井戸群の水頭については、観測井の平均水位を採用し

た場合と、萩原川の河川水位より低い状態を想定した場合の2ケースを設定することとした。

中郷井戸群のストレナー位置は、地表面から70～130mの深さの位置とし、一万城井戸群のストレナー位置は、地表面から80～170mの深さの位置と設定した。

解析断面は、鉛直方向には170mの一定と設定し、水平方向には中郷井戸群から一万城井戸群の中間地点までの距離を測定して4500mと設定した。また、空間離散距離は、鉛直方向は10mと設定し、水平方向は50mと設定した。

井戸群による取水は、井戸群内の水源井戸がそれぞれで稼動している。また、涵養は降雨による涵養と側方流動に伴う涵養を想定している。これらの涵養量は時系列変数であるから、地下水流動は非定常現象である。しかし、現象そのものが極めて緩慢であることから、これを定常現象とみなして解析する。

図4-5-31に解析結果の地下水面形状を示す。設定値は、図4-5-29に示した都城盆地地域の不圧地下水コンターから読み取ったものである。解析1は、一万城井戸群の水頭に観測井の平均水位を採用した場合の結果で、解析2が、萩原川の河川水位より低い状態を想定して設定した場合の結果を示している。これから、地表面からの涵養量が適正に入力されていることが分かる。

表 4-5-11 水頭の境界条件

	中郷井戸群の水頭	萩原川の河川水位	一万城井戸群の水頭
解析1	155.24m	153.0m	155.0m
解析2	155.24m	153.0m	150.0m

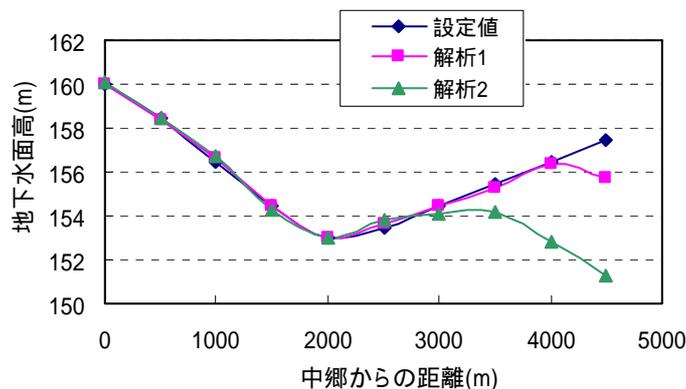


図 4-5-31 地下水面の解析結果

イ) 物質輸送の再現

地下水中の硝酸性窒素についての輸送は、以下のように再現計算を行った。

硝酸性窒素の負荷量は、これまでの解析で採用していた値を適用することとし、萩原川以南の畑地では 40mg/L、萩原川以北の水田と宅地では 0.3mg/L と設定した。

硝酸性窒素の輸送については、輸送中の生物活性による質変化は極めて少ないことが分かっているので、生物活性による質変化は無視する。

硝酸性窒素の輸送は、移流による輸送が支配的であるので、解析手法として風上法を適用する。

図 4-5-32 に解析 1 における解析結果の濃度分布を示す。解析は、濃度分布がほぼ定常状態に達する時間帯まで行っている。この結果によれば、一万城井戸群では水質汚染の発生は回避できる。解析 1 は、中郷井戸群の水頭が 155.24m、一万城井戸群の水頭が 155.0m、萩原川の水位が 153m であることから、汚染物質が萩原川に流出することは当然のように解釈できる。そこで、解析 2 として、一万城井戸群の水頭を萩原川の河川水位より低い 150.0m に設定した場合を計算した。

図 4-5-33 に解析 2 における解析結果の濃度分布を示す。この解析結果においても、汚染物質が萩原川に流出して、一万城井戸群における水質汚染の発生を回避できることが分かる。これは、萩原川以南の領域で流動する全ての地下水が萩原川に流出していることによるものである。すなわち、図 4-5-30 の地下水流動イメージに示したように、萩原川以南の領域から一万城井戸群に地下水が流動するのであれば、一万城井戸群における水質汚染の発生を回避できないことになる。しかし、地下水流動は、萩原川の北側で地下水面が萩原川の水位よりも高くなっている領域が遮水壁の役割を果たして、萩原川以南の地下水を萩原川に流出させている。この実質上の遮水壁の存在は、図 4-5-31 に示した地下水面形状からも理解できる。この流動特性によって、一万城井戸群における地下水汚染は、発生を回避できていることになる。言い換えれば、萩原川の北側での地下水面が萩原川の水位よりも高くなっている領域の存在が重要であり、この存在が一万城井戸群における水質汚染発生の回避のための水理学的条件である。将来、萩原川の北側の領域での地下水への涵養が不足して萩原川の水位よりも高い領域が存在しなくなれば、一万城井戸群において地下水汚染が発生することになる。

図 4-5-32 及び図 4-5-33 の解析結果においては、中郷井戸群への地下水汚染の状況が、それほど深刻でないように示されている。しかし、中郷井戸群における地下水汚染の発生については、中郷井戸群の南側の領域における地下水の流動を考慮する必要がある。すなわち、中郷井戸群の南側の領域における地下水は、図 4-5-32、図 4-5-33 などと同様に、萩原川方面に向かっていているが、その流動の途中で取水する中郷井戸群においては、中郷井戸群の南側の領域における地下水を集水している状況にある。ここに、中郷井戸群における地下水汚染は、主に井戸群の周囲の畑地における施肥に起因するが、地下水の集水とともに、汚染物質も収集している状況を

考慮する必要がある。

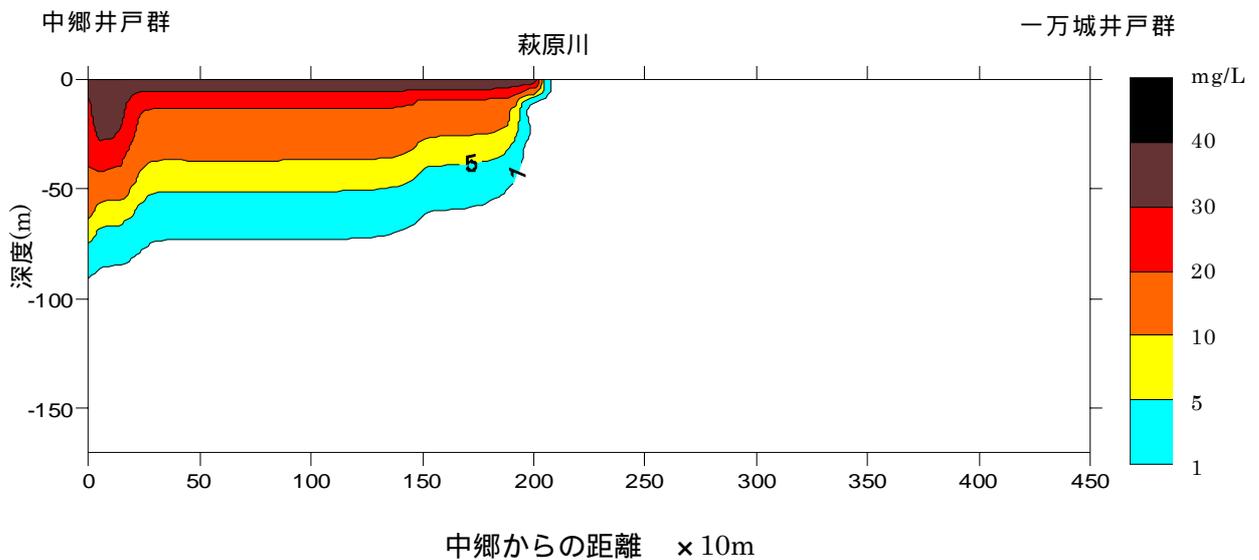


図 4-5-32 濃度分布の解析結果（解析 1）

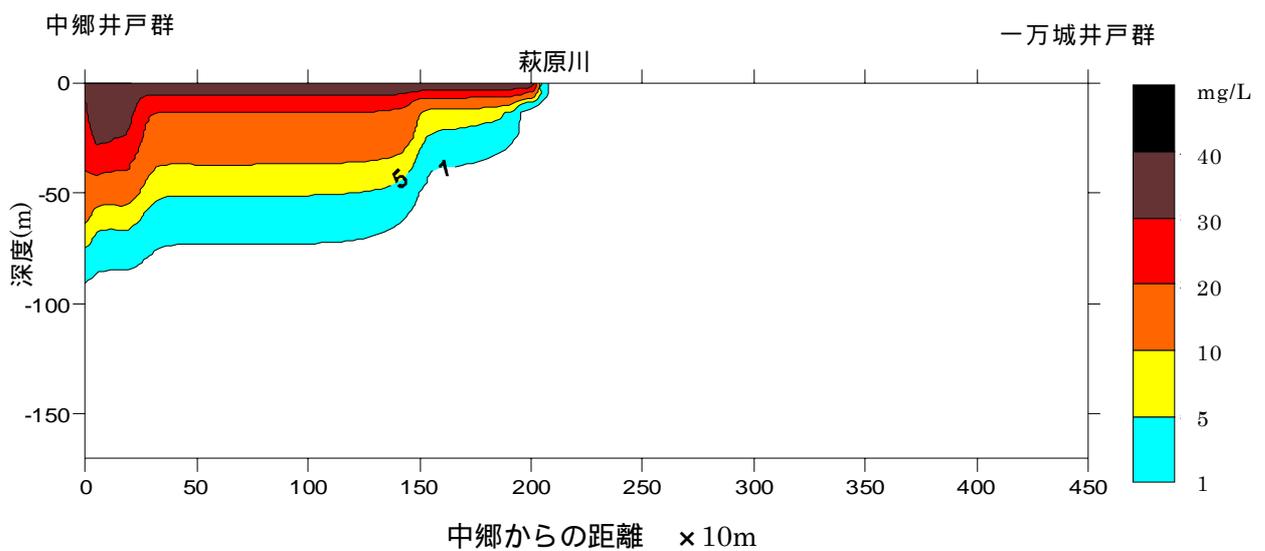


図 4-5-33 濃度分布の解析結果（解析 2）

(4) 保全対策案の立案及び実施効果の把握

1) 浅層地下水の硝酸性窒素濃度の変化

浅層地下水の硝酸性窒素濃度の現況や汚染の進行状況の概略を把握するために、平成 8 年～平成 14 年について、2 年毎に硝酸性窒素濃度分布図を作成し、その経時的な変化について検討を行った。

なお、濃度は季節により変動するため、各年毎に年 4～6 回測定 of 平均値を求め、図 4-5-34 に示す領域区毎に分布図を作成した。

また、途中で廃止になる井戸や追加となる井戸があるため、全調査井戸を用いて

分布図を作成すると、濃度変化の傾向を誤って判断する可能性がある。周辺の井戸に比べて特異的に濃度が高い井戸の情報は、畜糞の不適切処理（素堀りや野積み）の影響による局所的な汚染を反映しているとも考えられるが、データが追加される以前の状況や、廃止後の状況は不明である。ここでは硝酸性窒素濃度分布の経年変化を評価するにあたり、支川流域毎の広範囲における再現に重点を置くこととした。

したがって、平成8年～平成14年の間に追加、削除となった井戸については、その井戸を評価点に加える場合と削除する場合の両方で濃度分布を作成し、周辺の濃度が極端に上昇または低下する井戸は評価の対象外とした。



No.	流域名	データ数
1	高崎	5
2	丸谷	16
3	丸谷	18
4	庄内	84
5	大淀	62
6	花之木	2
7	横市	24
8	沖水	20
9	大淀	69
10	年見	38
11	梅北	42
12	萩原	45
13	大淀	4
14	安楽	1
	計	430

図 4-5-34 濃度分布の平均値を算出した領域区分

< 検討結果 >

平成8年と平成14年の分布（図4-5-36参照）を比較すると、若干濃度の低下している地域の方が多い。元々濃度が高く、近年濃度が低下傾向にあると見られるのは、丸谷川流域のうち高崎町、山田町との境界に近い側の地域、萩原川、梅北川合流部よりも上流の地域等である。逆に濃度に上昇が見られるのは、右岸側の沖水川より下流側、庄内地区、西岳地区、中郷地区の一部である。

また、図4-5-35に示した各年の硝酸性窒素濃度は、各地域の分布から求めた各年の流域の平均値をプロットしたものである。これらの図から、濃度は平衡状態、もしくは微減の傾向にあることが分かる。また、元々硝酸性窒素濃度の高い地域（丸谷、高崎、梅北等）では近年若干濃度が低下する傾向が見られる。

以上から、現在浅層地下水の硝酸性窒素濃度はほぼ平衡状態にあるものと考えられる。この傾向は、豊満ら¹¹⁾でも確認されている。しかし、観測井の水位の低下等から、地下水の賦存量が今後減少する可能性も否定できないことから、今後も継続してモニタリングを実施していく必要があると考える。

なお、豊満ら¹¹⁾の検討は行政区分（主要地区別）毎に井戸を抽出しての評価であったが、今回の評価は主要支川の流域別に井戸を抽出して集計を実施している。

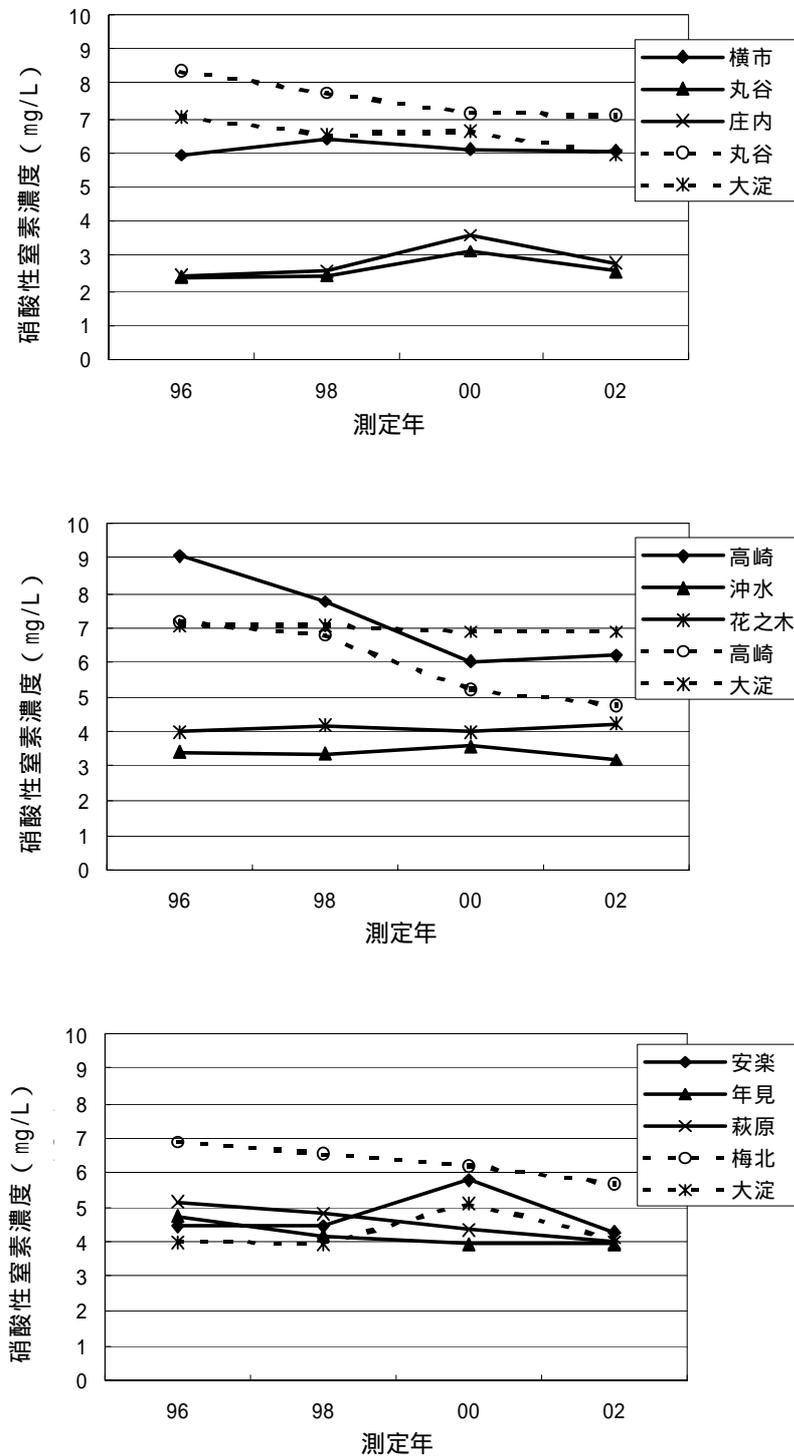


図 4-5-35 浅層地下水の硝酸性窒素濃度経年変化（平成 8 年～平成 14 年）

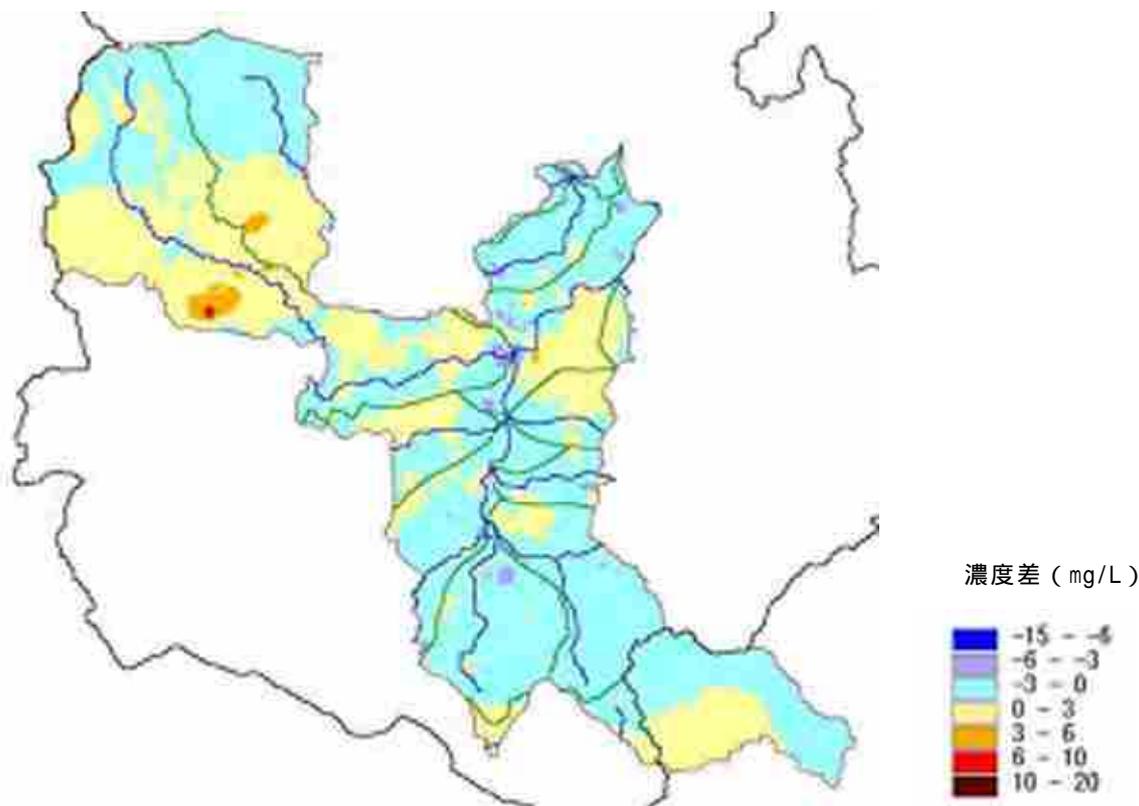


図 4-5-36 浅井戸の硝酸性窒素濃度の変化（平成 8 年と平成 14 年の差）

2) 硝酸性窒素濃度の再現収支モデルの作成

地下水涵養量、硝酸性窒素の地下浸透量の現状を予測し、硝酸性窒素濃度の分布を再現する簡略な収支モデルを作成すると共に、このモデルを用いて、畑地への施肥削減等の対策を講じた場合の効果について検討した。

ア) 基礎情報の整理

(1)-9)で示した各気象データ(図 4-5-12~14)を基に蒸発散量を推計した。本検討では、平成 12 年度算定の負荷量を基に地下水濃度を推定するが、年間の総雨量は 2,500mm として涵養量等の計算を実施した(平成 3~平成 12 年の都城気象台年総雨量の平均値は 2,498mm)。

蒸発散量については、気温を関数とした Thornthwaite 方法により推定した。なお、年間可能蒸発散量は Thornthwaite 方法により推定した値の 70%と考えた。図 4-5-37 に、近年の気温から推定した年間可能蒸発散量の変化を示す。図 4-5-37 から、都城盆地の蒸発散量の平均値を 600mm とした。ただし、窒素負荷の最も高い土地利用形態である畑地については、蒸発散量と涵養量の関係について実測値を用いた。

Thornthwaite の方法はアメリカ合衆国の実測値に合うよう経験的に定められたものであり、我が国ではこの方法で求めた蒸発散量の年値は小型蒸発計蒸発量の約 0.7 で妥当な値を示すとされる。(改訂地下水ハンドブック建設産業調査会 p46)

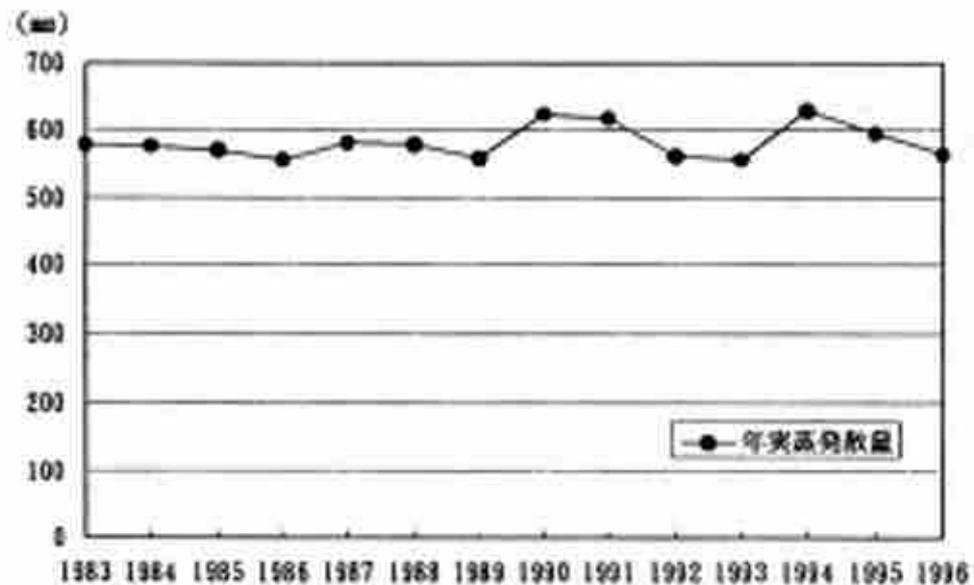


図 4-5-37 可能蒸発散量 (1983~1996、Thornthaithe の式により算定)

イ) 涵養量の推定

a) 畑地からの涵養

$$\text{単位面積当たりの涵養量} = \text{畑地浸透率} \times (\text{降水量} - \text{蒸発散量})$$

現地の畑地における浸透水量に関する資料としては、九州農業試験場小林ら¹²⁾による報告があり、昭和53年~昭和60年の8年間の平均値で1,436mmという測定データがある(この期間の年降雨量平均値は2,455mm)。

現地での実測値を重視し、単位面積あたりの涵養量を1,436mm/年とした。この時の浸透率を逆に求めると、75.6%となる。畑地の浸透率に関する文献値としては、「畑地における水分と物質の移動特性に関する研究() 国立公害研究所研究報告(1986)」において55%という値がある(土壌が都城と同じ黒ボクが対象)。実績値はこれよりも大きい、都城盆地は多雨地域であり、浸透率も大きい可能性がある。

b) 水田からの涵養

$$\begin{aligned} \text{単位面積当たりの涵養量} &= (\text{減水深} - \text{蒸発散量}) && \text{: 灌漑期} \\ &= \text{畑地の単位面積当たりの涵養量} && \text{: 非灌漑期} \end{aligned}$$

なお、減水深は20mm、灌漑期は6~9月の4ヶ月間とした。

c) 山地(森林)からの涵養

単位面積当たりの涵養量 = 山地浸透率 × (降水量 - 蒸発散量)

山地部に降った雨は大半が流出することが知られている。日本における山地からの流出率は概ね 80% 前後とされており^{*1)}、残りの 20% が浸透分と考えることができる。ここでも山地浸透率を 20% と仮定して上式により涵養量を求めた。

d) 宅地、その他（公用地、原野等）の土地利用目途からの涵養

単位面積当たりの涵養量 = 浸透率 × (降水量 - 蒸発散量)

宅地及びその他の地域の浸透率は森林の 50%（浸透率 10%）^{*2)}と仮定して上式により涵養量を求めた。山地と宅地の浸透率は、対象地域の硝酸性窒素濃度観測値との整合性も勘案し、ある程度試行錯誤的に浸透率を変えて再現計算を行い、上記の数値を設定している。

e) 水域

単位面積当たりの涵養量 = 水域の浸透率 × (降水量 - 蒸発散量)

水域からは灌漑期の水田と同様の浸透量があるものとした。

前述のとおり、浸透率には仮定も含まれるが、以上の条件で地下水の硝酸性窒素分布を再現し、市域全体の井戸観測値から求めた硝酸性窒素濃度の平均値等との整合性を見て設定した値である。結果の整合性については、濃度の現状再現の項目で示す。

表 4-5-12 土地利用別の涵養量設定値

項目	涵養量(mm/日)	涵養量(mm/年)	備考
宅地	0.52	190	森林の 50%とした
水田	18.3(灌漑期)、3.93(非灌漑期)	3,159	灌漑期：6月～9月とした
畑地	3.93	1,436	
森林	1.04	380	
水域	18.3	6,680	
その他	0.52	190	森林の 50%とした

*1) 日本内地河川の流出係数(表面流出成分)は、通常山地河川で 0.75～0.85 の数値を用いる。
(河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 山海堂 p87)

*2) 宅地の浸透率は 0 とする場合も多いが、0 とすると人口密集地域である中央地区右岸側の濃度分布が現状に比べて高濃度の評価となったことから、ここでは宅地の浸透率を 0～20% の範囲で変えて濃度分布の再現を実施し、現状の分布を最も再現すると思われる数値を採用した。

表 4-5-13 土地利用別の涵養量

	涵養量(m ³)/年	比率(%)	面積(km ²)
宅地	10,197,300	3.1	53.67(17.5%)
畑地	64,103,040	19.6	44.64(14.6%)
水田	139,311,900	42.6	44.10(14.4%)
森林	57,851,200	17.7	152.24(49.8%)
水域	55,176,800	16.9	8.26(2.7%)
その他	421,800	0.1	2.96(1.0%)
合計	327,062,040	100.0	

ウ) 窒素浸透量の推定

窒素の地下浸透量は、以下のとおりとした。

降雨に含まれる窒素：

平成 13 年の当市での観測値を基に推定

水田からの窒素浸透：

流総指針に掲載されている水田の窒素負荷原単位を基に推定

当地域の施肥は標準施肥の 2 倍程度と考えられることから、指針の平均値の 2 倍を与えた。

畑地からの窒素浸透：

畜糞発生量と耕作地面積の関係等から当該流域における施肥量を推定（県の施肥基準の 2 倍程度）。この数値を基に施肥量と窒素浸透量の関係式（平田健正編、土壌・地下水汚染とその対策）から推定

畜産：

畜種毎、流域毎に不適切処理の頭数を考慮し、一頭当たりの窒素負荷原単位と地下浸透率を基に推定

森林：

流総指針に掲載されている汚濁負荷原単位の調査事例の平均値から、単位面積当りの窒素負荷を推定した。

生活系：

処理形態毎に表のとおり浸透量を設定し町丁目毎の人口分布と各処理形態の状況（表 4-5-14）を考慮して地下浸透量を推定

水域からの負荷：

都城盆地地域の河川の窒素濃度は、他の河川に比べて相対的に高い。平成 13 年～14 年にかけて流域の支川も含む 28 地点で 4 回実施した一斉水質調査結果によると、都城盆地部の河川の窒素濃度は全地点平均で 2.6mg/L となる。水域から浸透する水の硝酸性窒素濃度としてはこの数値を与えた。

なお、水域から浸透する水の窒素濃度は同流域の観測値平均（2.6mg/L）であると仮定し、これに涵養量を掛けて水域からの負荷量を推定した。

都城盆地地域の土壌の飽和透水係数の目安としては、表 4-5-15 がある。水平方向の水の流れは地下水面の動水勾配に支配されるため一概には言えないが、仮に水の移動速度が $5 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ のオーダーであると仮定すると、地下水が 2 km 移動する時間スケールは約 6 年程度となる。

表 4-5-14 土地利用目途別、汚水処理形態別、畜種別の窒素負荷量

項目	小分類	負荷量	単位	備考
降雨	-	0.52	kg/10a/年	降雨測定値(2001年)0.2mg/Lによる
施肥	水田	2.56	kg/10a/年	流総指針p57T-N純排出量平均値の2倍
	畑	22.28	kg/10a/年	施肥削減を想定する場合は11.14(現状の50%)
畜産	牛	2.65	kg/頭/年	原単位 $\times 0.25$ (浸透率),不適切分のみ
	豚	0.548	kg/頭/年	原単位 $\times 0.25$ (浸透率),不適切分のみ
	馬	1.55	kg/頭/年	原単位 $\times 0.25$ (浸透率)
森林	-	0.44	kg/10a/年	
生活	下水処理	0	kg/人/年	
	農業集落排水	0	kg/人/年	
	合併浄化槽	0	kg/人/年	
	単独浄化槽	0.13	kg/人/年	生活排水原単位 $\times 0.25$ (浸透率)
	くみとり	0.13	kg/人/年	生活排水原単位 $\times 0.25$ (浸透率)

降雨の負荷は、都城盆地における地下水の硝酸態窒素濃度 豊満幸雄, 武藤勲, 杉本安寛
 都城盆地の地下水保全に関する研究 平成14年3月を基に設定
 畜産負荷の浸透率については参考文献¹³⁾参照

表 4-5-15 火山灰土壌の飽和透水係数

区分	土壌分類	飽和透水係数(cm/s)	摘要
測定結果	黒ボク	1.12×10^{-3}	室内(攪乱土)
	黒ボク	2.90×10^{-2}	室内(不攪乱土)
	黒ボク	1.12×10^{-5}	室内(不攪乱土)
	黒ボク	7.42×10^{-5}	室内(不攪乱土)
	ボラ	4.86×10^{-3}	室内(不攪乱土)
	クロニガ	1.05×10^{-5}	室内(不攪乱土)
	シラス	2.25×10^{-4}	室内(不攪乱土)
文献値 (杉尾ら)	黒ボク	5.84×10^{-4}	原位置
	シラス	9.17×10^{-4}	原位置
	シラス	2.65×10^{-4}	原位置

黒ボク土壌における硝酸性窒素の不飽和浸透輸送と地下水保全対策に関する研究 H13.7 山下直紀 宮崎大学博士論文より抜粋

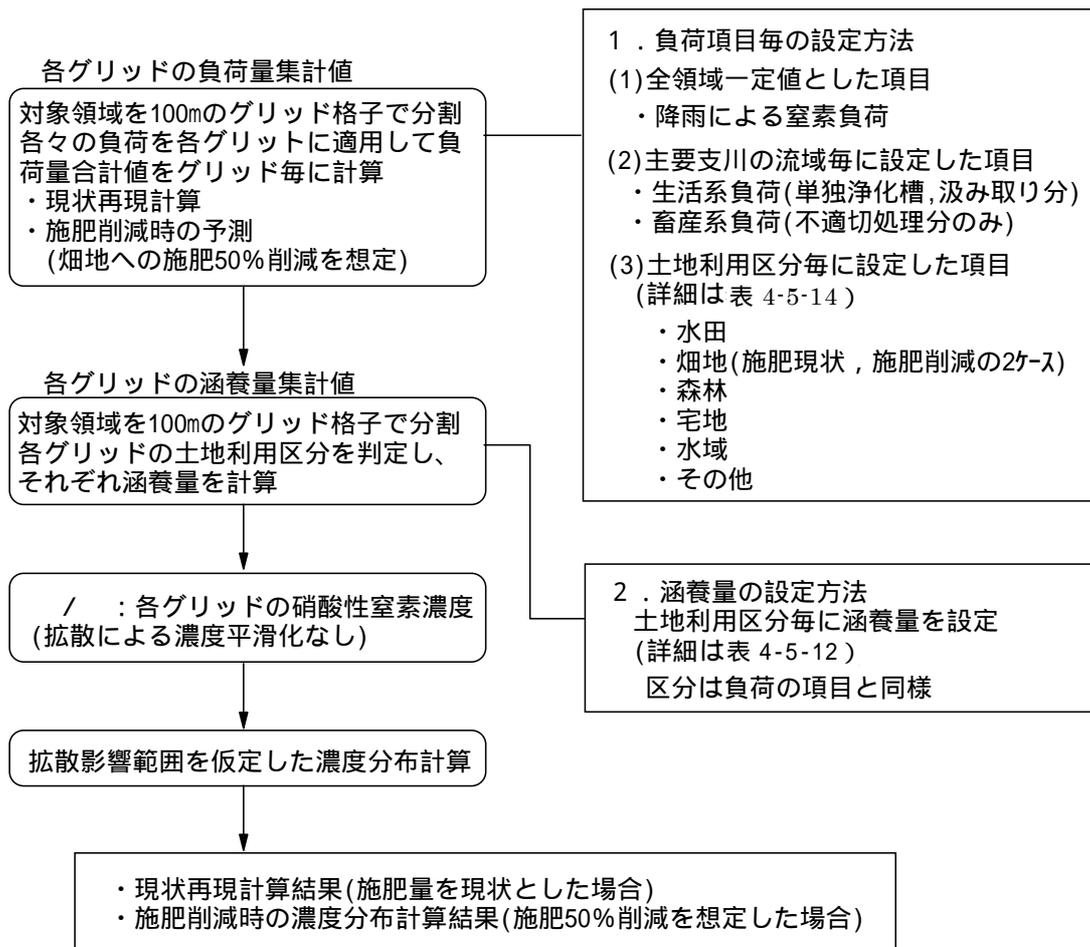


図 4-5-38 硝酸性窒素濃度再現モデルの考え方(概念図)

< 検討結果 >

本市を含む都城盆地地域における浅井戸の硝酸性窒素濃度平均値は約 5.5mg/L (平成 12 年観測値の年間平均) である。これに対し、本検討で算定した負荷量と地下水涵養量の関係から推定した硝酸性窒素濃度平均値は 4.57mg/L となっており、観測値の 83% 程度である(表 4-5-16 参照)。観測井戸のうち、畜産農家の所有する井戸の中には、野積みや素掘りの影響を受け、10mg/L 以上の高濃度を示す井戸もあるが、本検討では素掘りや野積みの影響を反映できていない(素掘り、野積みの位置については一部位置情報を得ているが、全てを把握できていないため、野積み、素掘りからの硝酸性窒素の溶出の影響はモデルから除外した)ため、平均濃度は若干過小評価になるものと考えられる。

また、畑地における硝酸性窒素濃度の実測値と本検討の整合については、畑地の浸透水量の設定時に参考とした文献(暖地多雨地帯の飼料作畑における施肥窒素の動態 九州農業試験場報告 第 29 号 p109~162)の中で、12.8mg/L という値(1978 年~1985 年の 8 年間の平均値、最小値 4.0mg/L、最大値 18.2mg/L)が得られており、概ねこの数値と同オーダーが得られた(表 4-5-16 参照)。

現状再現（図 4-5-39、図 4-5-40）の硝酸性窒素濃度分布と観測値による分布を比較すると、大淀川上流側、大淀川本川左岸側、大淀川本川下流域で相対的に濃度が高い傾向は再現できている。しかし、西岳地区では計算値が大きくなる範囲が、中郷地区では観測値の方が大きくなる範囲が見られる。この理由としては以下のことが考えられる。

西岳地区：計算値では畑地が分布する地域で濃度が高くなる評価であるが、同地域には観測井戸がないため、観測による分布図が過小評価になっている可能性がある。

中郷地区：観測井戸で高濃度の硝酸性窒素が検出される井戸がある。この井戸は畜舎の影響を受けている可能性があり、本モデルにおいては、これを反映できていない。

なお、現在の条件をそのまま適用し、畑地への堆肥及びスラリーの施肥が基準の2倍程度と考えられる実態から、当地域の施肥基準を遵守（施肥量の50%削減を想定）した場合に当市域の硝酸性窒素濃度分布がどのように変化するかを試算した。その結果を図 4-5-41 に示す。

過去の地下水調査資料の検討により、都城地域では畑地の分布と高濃度の硝酸性窒素濃度分布地域に高い相関が得られていることが分かっている。また、負荷総量に占める畑地の負荷の割合は約70%と非常に大きい。図 4-5-41 に示されたように仮に施肥設計基準を遵守できたとすると、10mg/L以上の地域がほぼ改善される可能性があると考えられる。したがって、浅層地下水の濃度を低減させるためには、畜産農業活動による流域内の窒素循環量の低減策について考えることが重要であることが改めて浮き彫りになったと思われる。ただし、ここで検討しているモデルは簡易的な収支モデルであるため現状再現、予測には限界もある。厳密には地下水流動を含む汚染物質の拡散解析により評価する必要がある。

表 4-5-16 都城市全域の集計値

	面積(km ²)		負荷量(t/年)	涵養量(m ³ /年)	濃度(mg/L)
宅地	53.67	(17.5%)	0.0	10,197,300	
畑地	44.64	(14.6%)	994.6	64,103,040	15.5
水田	44.10	(14.4%)	112.9	139,311,900	0.8
森林	152.24	(49.8%)	67.0	57,851,200	1.2
水域	8.26	(2.7%)	143.4	55,176,800	2.6
その他	2.96	(1.0%)	0.0	421,800	
生活系負荷			53.8		
畜産系負荷			53.6		
降雨中の負荷			69.5		
合計	305.87	(100.0%)	1494.8	327,062,040	
平均濃度(mg/L)					4.57

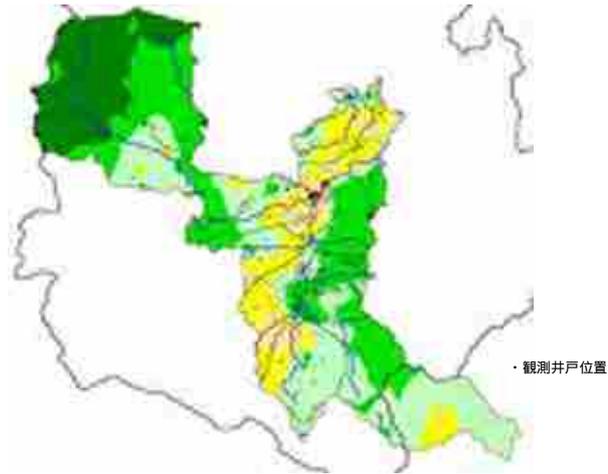


図 4-5-39 平成 12 年（2000 年）観測値を基にした分布図

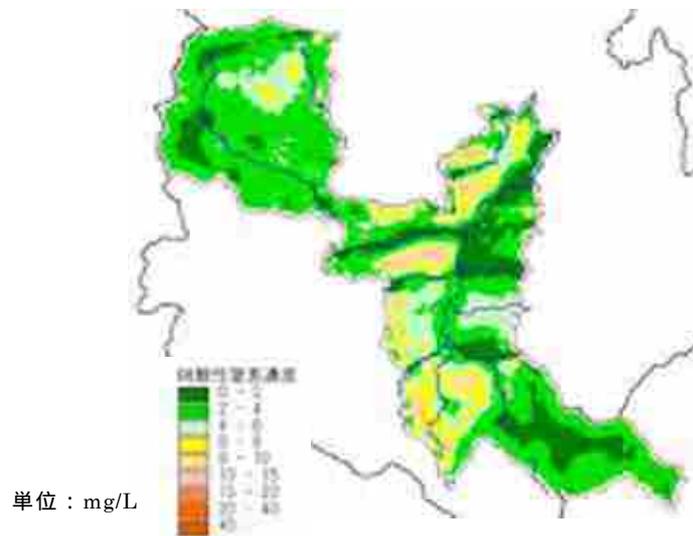


図 4-5-40 モデルによる再現結果（現状再現）

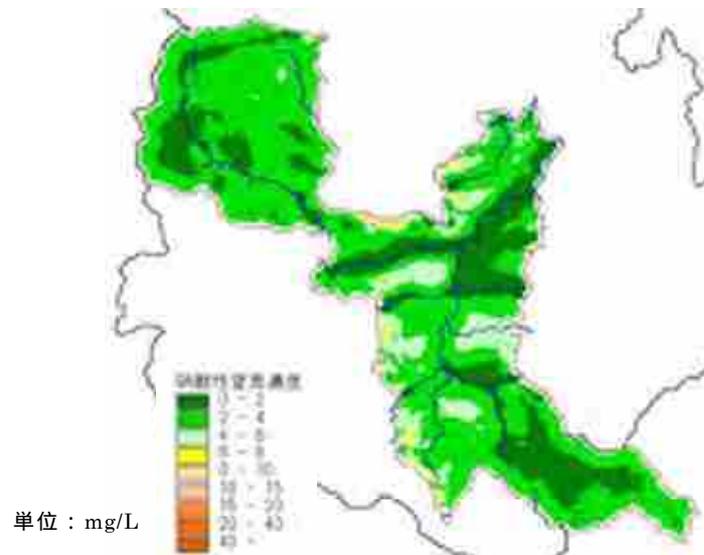


図 4-5-41 同様のモデルを用い、畑地への施肥量 50% 削減を想定した場合

3) 保全対策の立案

本市における過去の地下水調査及び硝酸性窒素濃度の再現収支モデルにより硝酸性窒素負荷低減について、方向性を示すことはできた。しかし、窒素負荷算定等については、畜糞処理形態の状況、農地還元量、施肥の実態調査など、詳細な調査を要する。

現在、当地域において関係機関による環境負荷低減に関する各種対策事業が実施もしくは計画されている。この中で硝酸性窒素対策に関わる具体的な事業及び計画を示す。

宮崎県では畜産環境施設の整備として、大規模施設の整備を目的とした「畜産振興総合対策事業」(国庫事業、3戸以上の集団を対象、2分の1補助)、中小規模の整備を目的とした「環境と調和した畜産経営推進緊急対策事業」(県単独事業、3戸以上の集団を対象、2分の1補助)の補助事業を行っている。

また、平成12年～13年度畜産振興総合対策事業として、当地域に鶏糞ボイラー施設(計画鶏糞処理量10万t/年)を整備し、稼動している(参考資料参照)。

本市の家畜排せつ物処理施設の整備状況(平成13年度末時点)については、約500戸が不適切農家と推測される。このうち、約160戸は補助事業等を活用した施設整備の必要があり、残りの約340戸については、廃業による自然減及び糞尿処理体系の変更や既存施設の有効利用、簡易施設の設置などにより、家畜排せつ物法の管理基準に適合できると考えている。平成14年度に家畜排せつ物処理施設整備計画を作成し、平成16年度までに全農家の施設整備が完了するものと推測している(表4-5-17)。

表 4-5-17 家畜排せつ物処理施設整備状況及び施設整備計画

畜種	農家戸数	規制対象農家戸数	不適切農家戸数(推測)平成13年度末	整備必要農家戸数(推測)平成13年度末	平成14年度整備計画件数	平成15年度整備計画件数	平成16年度整備計画件数
肉用牛	1,693	490	294	100	20	40	40
養豚	135	110	81	46	15	15	16
酪農	162	162	70	14	5	5	4
養鶏	76	76	47	0	0	0	0
馬	34	11	10	0	0	0	0
合計	2,100	849	502	160	40	60	60

施設整備が完了した場合、表4-5-9に示した畜産系負荷量46.7t/年に相当する窒素負荷が適正に処理されると予想される。しかし、施設整備後も、農地還元や排水処理に伴う窒素負荷は生じることから、今後、施設整備の効果及びこれらの窒素負荷による環境影響の評価が必要である。

都城盆地地下水保全対策連絡協議会においては、今後、具体的な硝酸性窒素対策を推進していくために、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染対策マニュアル

都城市硝酸性窒素総合対策検討会	関係機関
杉尾哲宮崎大学工学部教授（会長） 武藤勲宮崎大学農学部助教授（副会長） 杉本安寛宮崎大学農学部教授 豊満幸雄宮崎大学農学部助教授 平田昌彦宮崎大学農学部助教授 西脇亜也宮崎大学農学部助教授 出口近士宮崎大学工学部助教授 嶋田純熊本大学理学部教授 都城市生活環境部長	国土交通省宮崎工事事務所 九州沖縄農業研究センター 宮崎県関係課（環境政策課、畜産課、営農指導課、北諸県農林振興局、北諸県農業改良普及センター、都城保健所） J A 都城 都城市関係部課（企画部企画調整課、産業部農政課、畜産課、水道局工務課、生活環境部生活環境課）

図 4-5-43 硝酸性窒素総合対策検討会及び連絡調整会議の構成

本検討会等は、平成 12 年 11 月 30 日に設置後、平成 14 年度までに 5 回行い、過去の当地域における地下水調査結果を基礎に硝酸性窒素による汚染要因、汚染機構、地下水流動機構など以下の事項について対策を推進するための評価及び調査を実施した。

- 汚染地域における土壌の窒素保持量調査
- 汚染地域における N 測定結果等から見た汚染要因の推定
- 窒素負荷量の実態調査
- 地下水流動解析
- 保全対策案の立案及び実施効果の把握

これらの検討により本市における地下水の硝酸性窒素の問題について関係機関の共通認識が高まった。

さらに平成 13 年 7 月に環境省が示した「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染対策マニュアル」により本市と同じ地下水域を有する都城盆地を対象地域に、宮崎県環境政策課が中心となり有識者、国土交通省、宮崎県、鹿児島県の関係機関、関係自治体、J A などによる「都城盆地硝酸性窒素等対策推進事業」が平成 15 年度から行われることとなった。

なお、当該事業では、今後、窒素負荷低減に関して環境、農政サイドからの各対策案について検討を行うなど基本計画を策定する予定である。

(5) おわりに

大淀川上流域は国内有数の畜産農業地帯であり、その経営から生じる家畜排せつ物は、輸送性の困難さ、農地還元の限界等により窒素負荷要因の大きな割合を占めている。家畜排せつ物と施肥の実態調査によると、流域では堆肥の施肥量は宮崎県の施肥設計基準の 2 倍程度であると見込まれており、これを削減する方策を立案しなければ農地由来の負荷削減は望めない。しかし、当市で年間に発生する家畜排せつ物量は 100 万 t 程度、

さらに都城盆地全体では 200 万 t 程度と予想され、現状でも窒素負荷は過剰となっている(系外からの飼料搬入等により、流域で処理できる窒素以上の負荷が盆地内に蓄積されている)。これを短期間に削減することは困難であり、堆肥以外での有効利用や系外への流通も含めた施策実施が必要である。

本市では、平成 7 年度から上水道をはじめ地域のほとんどの用水に利用される地下水について量的及び質的保全を目的に地下水保全対策事業を行っている。農業を基幹産業とする本市の地域経済構造より農業由来の地下水汚染の可能性を示唆することについて当初、市関係課を含め関係者の合意が得られない状況が見られた。また、一地方都市である都城市が調査研究を主体とする事業を実施するためには住民の理解を要する。行財政運営における透明性を確保するために I R (Investor Relations) 活動の考え方を取り入れ、行政のインベスター(投資家=納税者) 市民に情報を提供し、適切な事業評価を(市民の代表で構成される)市議会に委ねる必要がある。

さらに、地下水の利用実態において市民の井戸水への高い嗜好により何らかの形で飲用に供している実態があった。

以上の背景から地下水の硝酸性窒素による汚染の現状調査を関係機関の協力を得ながら実施し、その結果について広報紙への掲載、地元説明会の開催など情報公開を積極的に行い、アカウンタビリティの確保に努めた結果、井戸の水質調査の協力など高い住民の理解と関心が得られた(図 4-5-44)。

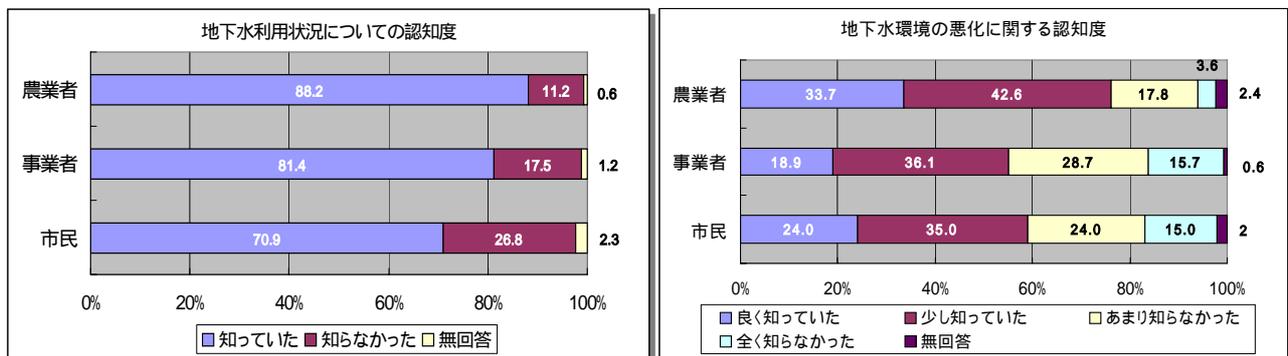


図 4-5-44 地下水に関する市民意識(都城市環境基本計画から H14/2)

また、本調査の実施により従来の調査で不明であった複雑な地下水の流動・循環機構、硝酸性窒素による汚染要因など今後の対策を進める上で貴重な情報が得られた¹⁴⁾。

今後も地域の重要な循環資源である地下水について、住民をはじめ多様なステークホルダー(利害関係者)の共通認識を深め、関係機関と連携を行いながら実効力のある対策事業を推進する必要がある。

【引用文献】

- 1) 「宮崎県内水資源操業調査地下水調査(都城盆地)報告書」宮崎県(昭和 59 年)引用
- 2) 「大淀川上流地域地下水保全対策検討業務報告書」国土交通省九州地方整備局宮崎工事事務所(平成 13 年 3 月)
- 3) 「都城市における地下水の硝酸性窒素濃度の現状と今後の予測」宮崎大学農学部豊満、

武藤、杉本報告書（平成 13 年 3 月）

- 4) 「一級河川の水質測定資料 平成 12 年度版」国土交通省九州地方整備局（平成 13 年 6 月）
- 5) 築城幹典・原田靖生（1997）家畜の排泄物量推定プログラム．システム農学 13, 17-23.
- 6) 杉本安寛・東善敏・武藤勲・豊満幸雄（2000）宮崎県内 Y 地域における硝酸による地下水汚染．システム農学 16（別 2）, 40-41.
- 7) 熊澤喜久雄・中西康博・山本洋司・朴光来・田村幸美（1997）¹⁵N 法による地下水の硝酸態窒素汚染源の推定法について．—沖縄県宮古島の地下水調査から—．農大総研紀要 9, 32-50.
- 8) 赤井直彦・石橋英二・大家理哉（2000）畑作地帯における浅層地下水の実態調査．¹⁵N 法による地下水の硝酸態窒素汚染源の推定事例集．日本土壌協会．pp. 89-95.
- 9) 平田昌彦（2001）南九州地域における持続型畑作農業の将来展望．3．畜産との関わりからみた南九州の畑作農業の課題．日作紀 70, 309-313.
- 10) 土壌地下水汚染と対策 平田健正編著、1999、p211
- 11) 「都城盆地の地下水保全に関する研究 平成 10・11・12 年度調査研究成果報告書」平成 14 年 3 月 都城盆地地下水保全対策連絡協議会のうち、都城盆地における地下水の硝酸性窒素濃度 宮崎大学農学部 豊満幸雄、武藤勲、杉本安寛
- 12) 暖地多雨地帯の飼料作畑における施肥窒素の動態」小林義之、大嶋秀雄、長谷川功、新美洋 九州農業試験場報告 第 29 号 p109~162 平成 7 年
- 13) 硝酸性窒素による地下水汚染 水環境学会誌 12 号 1996 年 12 月
- 14) 盆地の地下水 都城市環境保全課 平成 8 年 3 月

家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律の施行について

1. 経緯

- (1) 「家畜排せつ物法」については、平成11年7月22日に成立。
- (2) その後、法律について周知を図りながら、政省令案等について検討を進めてきた結果、本法は同年11月1日から施行。本法の施行と併せ各種支援措置を講ずることにより、畜産環境問題の解決に努めているところ。

2. 法律の概要

(1) 家畜排せつ物の管理の適正化のための措置

○ 管理基準の遵守

- ① 農林水産大臣による家畜排せつ物の処理・保管施設の構造基準等を内容とする管理基準の策定

◎ 管理基準

◇施設の構造に関する基準

- ・ ふんの処理・保管施設は、床をコンクリートその他の不浸透性材料で築造し、適当な覆い及び側壁を有するものとする
- ・ 尿やスラリーの処理・保管施設は、コンクリートその他の不浸透性材料で築造した構造の貯留槽とする

◇家畜排せつ物の管理の方法に関する基準

- ・ 家畜排せつ物は、施設において管理すること
- ・ 送風装置等を設置している場合には、その維持管理を適切に行うこと
- ・ 施設に破損があるときは、遅滞なく修繕を行うこと
- ・ 家畜排せつ物の年間発生量、処理の方法、処理量について記録すること等

- ② 畜産業を営む者による管理基準に則した家畜排せつ物の管理

- ③ 都道府県知事による必要な指導・助言、勧告・命令の実施

小規模畜産農家については、管理基準は適用しない。

牛	10頭	未満	・	豚	100頭	未満
鶏	2000羽	未満	・	馬	10頭	未満

- ④ 管理基準の適用については、必要な経過期間（最大で5年間）を設定。

施設の構造に関する基準 : 16年11月1日から適用（5年間の猶予）

家畜排せつ物の発生量等の記録 : 14年11月1日から適用（3年間の猶予）

(2) 家畜排せつ物の利用の促進のための措置

① 基本方針の策定

農林水産大臣による家畜排せつ物の利用の促進に関する基本方針の策定

② 都道府県計画の作成

都道府県による地域の実情に即応した施設整備の目標等を内容とした計画の作成

③ 金融上の支援措置

ア 畜産業を営む者の作成する施設整備計画の認定
(都道府県知事)

イ アの認定を受けた者に対する農林漁業金融公庫の融資
(施設の取得等に必要な資金のほか、施設・機械の賃借料の全額一括支払い等に必要な資金を融通)

畜産環境対策の促進

・ 家畜排せつ物法に基づく管理基準の適用は平成16年10月末まで猶予
 ・ 適用猶予期限内における家畜排せつ物処理施設の整備を促進

○ 家畜排せつ物処理施設整備への対応状況

【全畜産農家14.6万戸】	
既対応済み 2.6万戸	未対応 2.4万戸
法施行後対応済み 1.6万戸	

法適用対象外
8万戸

[牛 10頭未満・豚100頭未満
鶏2000羽未満・馬 10頭未満]

関連事業の一体的な実施

- 家畜排せつ物処理のための共同利用施設の整備
- 個人対応による家畜排せつ物処理施設の整備
- 新技術によるバイオマス活用施設の整備
- 農業基盤整備、集落の環境保全と併せた施設整備

- 畜産農家向け資料として「畜産環境整備を促進するための事業の紹介」を配付(5万部)
- 都道府県、市町村、J.A.担当者向け資料として「畜産環境整備を促進するための支援の紹介」を配付(1万5千部)

個々の農家に対する個別指導による適正な施設の整備

個人型



共同型



簡易型



○ J.A.組織等による個々の農家に対するコンサルティングの実施等

○ 施設整備等実績と今後の計画

◎「総点検」結果に基づく整備計画(「工程表」の要約)

	12~14年度実績	15年度	16年度	合計
施設整備(戸)	14,300	5,800	7,800	13,600
簡易対応(戸)	1,500	1,800	7,900(注)	9,700

注:簡易対応には将来的な施設整備のための緊急的な対応約3000戸を含む。

簡易対応に係る技術提供、技術指導、地域ぐるみの実証展示

- 畜産農家等向けに「シート等を利用した簡易ふん尿処理施設の事例集」を配付(2万部)

野村様・桑畑)等不適切な管理



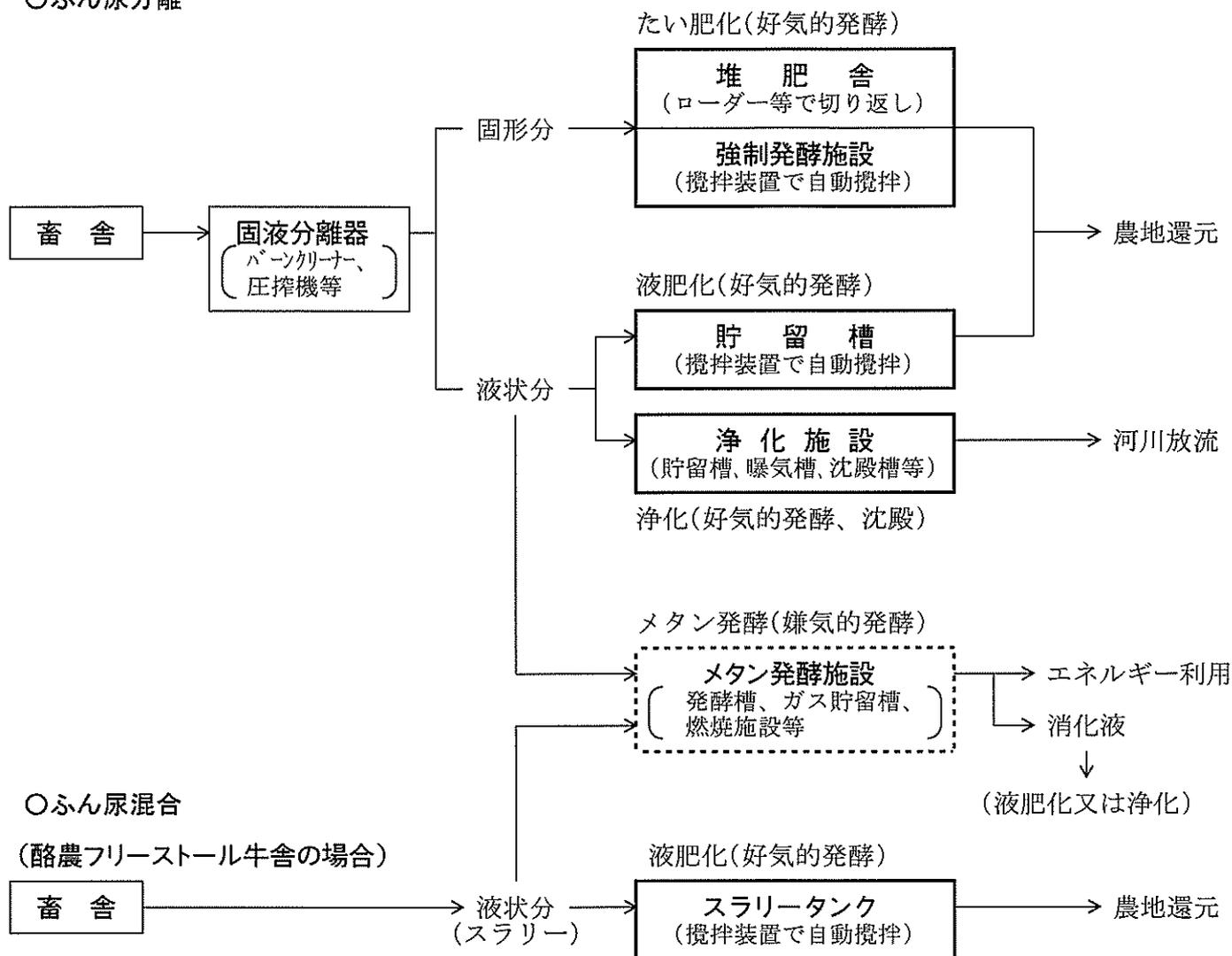
シート利用型簡易対応



家畜排せつ物の一般的な処理方式

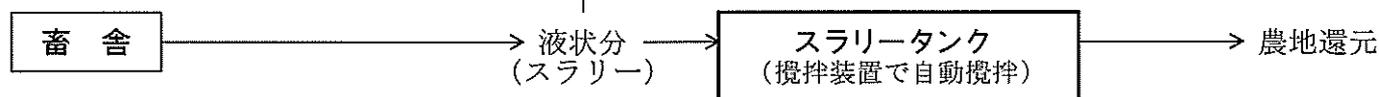
1 酪農、養豚

○ふん尿分離

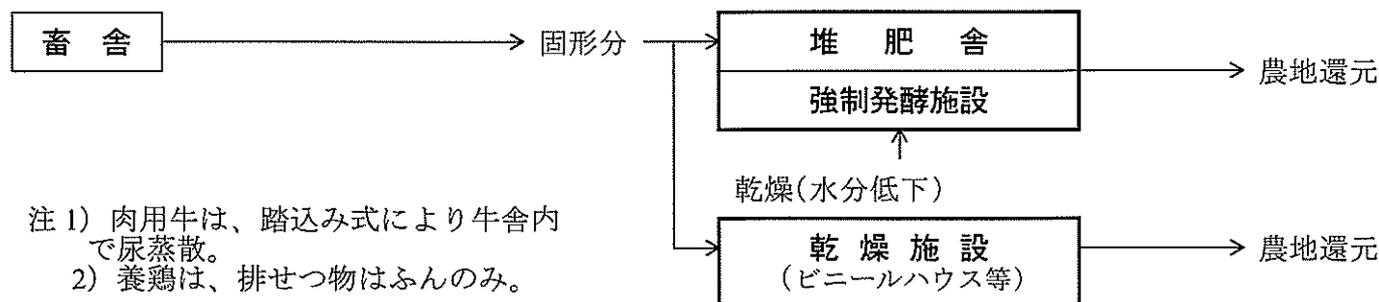


○ふん尿混合

（酪農フリーストール牛舎の場合）



2 肉用牛、養鶏



注 1) 肉用牛は、踏込み式により牛舎内で尿蒸散。
 2) 養鶏は、排せつ物はふんのみ。