

平成12年度
地下水における硝酸・亜硝酸性窒素の
汚染負荷削減対策調査報告書

平成13年3月

千葉県環境生活部水質保全課

目 次

	ページ
1. 調査概要	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査地域	1
1-3 調査期間	1
1-4 調査内容	1
1-5 調査実施機関	2
2. 調査方法	3
2-1 アンケート調査	3
2-2 硝酸性・亜硝酸性窒素汚染マップの作成	3
2-3 土地利用図の作成	5
2-4 データ解析	5
3. 調査結果	6
3-1 アンケート調査結果	6
3-2 千葉県における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染と土地利用状況	8
3-3 特定5地区における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染と土地利用状況	13
3-4 データ解析結果	38
4. 考察	50
4-1 千葉県における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染分布の特徴について	50
4-2 特定5地区における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染分布の特徴について	50
5. 今後の調査に向けての検討	53

1. 調査概要

1-1 調査目的

本調査は、地下水における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の汚染負荷削減対策を実施し地下水質の保全を図る基礎資料を得ることを目的とする

1-2 調査地域

千葉県全域

1-3 調査期間

自：平成13年 2月 5日

至：平成13年 3月26日

1-4 調査内容

(1) アンケート調査

千葉県内80市町村に対して次に示す項目を内容とするアンケートを実施した。なお、市町村への発送は県が実施し、回収先は委託機関である(財)千葉県環境財団とした。

①市町村が過去に実施した硝酸性および亜硝酸性窒素の測定結果

②測定井戸の深さ

③測定井戸の用途

④測定井戸周辺の状況

(2) 汚染マップの作成

アンケート調査結果および県が提供する測定結果をもとに、次に示す汚染マップを作成した。

①千葉県全体の汚染分布を示す汚染マップ

②県が指定する5地区(以下特定5地区とする)の汚染マップおよび測定結果の等値線図

なお、①については市町村アンケート結果および県が提供するデータをもとに作成した。また、②については、県が提供するデータを主体として作成したが、一部の地域については市町村アンケートの結果も使用した。

(3) 土地利用図の作成

千葉県全体の汚染マップおよび特定5地区の汚染マップに対応する地図に土地利用形態を示すマップを作成した。

(4) データ解析

特定5地区の測定結果をもとに、次の項目の関係をグラフに示し解析を実施した。

① 井戸の深さと汚染濃度の関係

② 土地利用形態と汚染濃度の関係

③ 硫酸イオン、塩化物イオン、アンモニウムイオン、pH、電気伝導度汚染濃度との関係

1-5 調査実施機関

財団法人 千葉県環境財団

2. 調査方法

2-1 アンケート調査

千葉県80市町村に対し、各市町村が過去に実施した地下水の硝酸性および硝酸性窒素測定結果をアンケートにより収集した。アンケートの内容は表2-1に示すとおりである。

表2-1 アンケート調査項目

調査項目	備考
①井戸所在地	大字名までの記載
②調査年度	
③硝酸性・亜硝酸性窒素測定結果	
④調査区分	以下の項目から選択し、数字を記入 1. 測定計画に基づく概況調査 2. 概況調査で判明した汚染井戸の周辺調査 3. その他
⑤井戸の深さ	
⑥井戸の用途	以下の項目から選択 1. 水道水源 2. 一般飲用 3. 生活用 4. 工業用 5. その他
⑦上水道の有無	
⑧周辺の土地利用状況	市街地（密集、散在を区別する）、農用地（水田、畑地、果樹園）、森林等を区分する

アンケート用紙を図2-1に示す。

アンケートの発送・回収には郵送またはFAXを使用した。また測定データがない場合でもその旨を記した書類を依頼した。アンケートの配布は千葉県が、回収は委託機関である（財）千葉県環境財団が実施した。

2-2 硝酸性・亜硝酸性窒素汚染マップの作成

2-2-1 千葉県硝酸性・亜硝酸性窒素汚染マップ

アンケート調査結果および千葉県が実施した地下水調査結果をもとに千葉県全域の汚染マップを作成した。作成に際しては、各市町村および千葉県が実施した測定井戸を地区別（大字）に集計し、各地区の最高値を、地図上にプロットした。汚染マップでは値を、2mg/ℓ未満、2mg/ℓ以上～10mg/ℓ未満、10～30mg/ℓ未満、30mg/ℓ以上～60mg/ℓ未満、60mg/ℓ以上に区分し表示した。

2-2-2 特定5地区硝酸性・亜硝酸性窒素汚染マップ

千葉県が指定するA～Eまでの5地区を抽出し、特定5地区として各地区の汚染マップを作成した。各地区とも千葉県が実施した硝酸性・亜硝酸性窒素汚染井戸調査の対象地区から選定した。A～D地区については、汚染井戸調査の測定結果、E地区については県の汚染井戸調査結果の他に市町村のアンケート調査による測定結果を加えてマップを作成した。

汚染マップでは値を、基準値未満(10mg/ℓ未満)、10mg/ℓ以上～20mg/ℓ未満、20mg/ℓ以上～30mg/ℓ未満、30mg/ℓ以上に区分し、地形図上に表示した。

なお、作成したマップをもとに汚染分布の等値線図も作成した。

2-3 土地利用図の作成

硝酸性・亜硝酸性窒素汚染マップをもとに、基準値以上(10mg/ℓ以上)の測定値を示した地区を対象として、アンケート調査結果から得られた周辺の土地利用状況を図示した。土地利用区分は、アンケートの周辺の土地利用状況回答結果を基準とし、農用地(畑地、水田、果樹園を含む)、畑地、水田、果樹園、住宅地(市街地を含む)、工業地に分類した。なお、回答がない市町村、または回答用紙に記載がない井戸についてはマップから除いた。

また、特定5地区の測定井戸周辺土地利用図を作成した。特定5地区に関しては、地形図から読みとり、畑地(樹木畑も含む)、果樹園、水田、牧場、山林(針葉樹林、広葉樹林、竹林等)に分類した。また、建物のうち豚舎・鶏舎・牛舎を区分し図面上に表示した。

2-4 データ解析

特定5地区の測定井戸を対象に、硝酸性・亜硝酸性窒素濃度とアンモニウムイオン濃度、塩化物イオン濃度、硫酸イオン濃度、また電気伝導度、pHとの関係をグラフに示し、汚染との関連性を解析した。また、井戸深度や土地利用状況と汚染の関係についてもグラフに示し、解析をおこなった。

なお、井戸深度と土地利用状況については各地区ごとに解析をおこなった。

3. 調査結果

3-1 アンケート調査結果

千葉県内80市町村を対象とした硝酸性・亜硝酸性窒素汚染調査に関するアンケートは2月15日から実施し、3月16日で終了した。

アンケートの結果、回答率は94%で回答数は75であった。そのうち34市町村で硝酸性・亜硝酸性窒素の測定データの回答が得られ、総データ数は3878件、最もデータ数が多かったのは佐原市の1167件であった。市町村別年度別集計結果を表3-1に、市町村別集計結果を図3-1に示す。

表3-1 市町村別年度別集計結果

市町村名	総データ数	年度別測定数												
		S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
印西市	122				17	17	12	19	7	8	8	10	24	
浦安市	18									14			1	3
栄町	10												10	
下総町	15							3	6	1			5	
我孫子市	313					36	8	34	34	68	33	32	34	34
海上町	60					59				1				
館山市	18					2	2	2	2		2	5	2	1
佐原市	1167	94	107	54	120	94	90	47	120	95	100	96	100	50
山田町	104													104
山武町	76				6	7	11	11	10	6	9	8	8	
四街道市	113				48			50					15	
市原市	62								3	3	3	3	23	27
市川市	36								2	2	2	2	14	14
芝山町	414							62	26	26	26	26	71	177
酒々井町	30											10	10	10
小見川町	1													1
松戸市	17									1		1	1	14
神崎町	30					4	7	1	4	1	5	3	2	3
成田市	1													1
成東町	4													4
千葉市	717							15	83	41	53	38	487	
船橋市	14									3	1		8	2
大栄町	102				8	17	11	12	9	4	1	22	9	9
大多喜町	10									2	2	2	2	2
銚子市	27									9	6	5	7	
長南町	65						8	8	8	8	9	8	8	8
東金市	53					6				15	15	17		
柏市	2										1		1	
白井町	12												7	5
八街市	112												112	
八日市場市	41	10	10		15	3	3							
富里町	100													100
茂原市	9											3	3	3
野田市	3													3
総計	3878	104	117	54	214	245	152	264	314	308	276	291	964	575

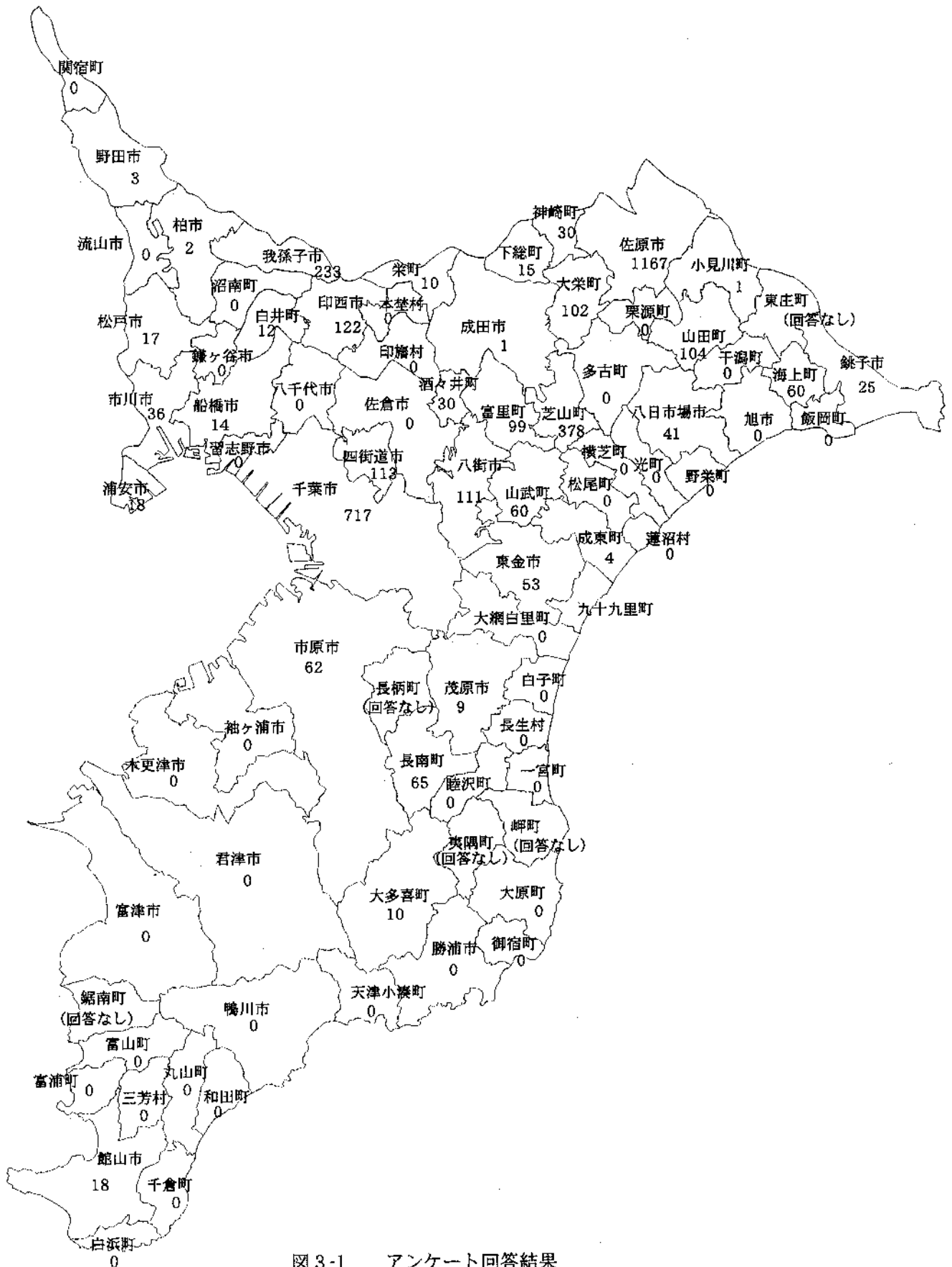


図 3-1 アンケート回答結果

3-2 千葉県における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染と土地利用状況

3-2-1 千葉県における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染状況

各市町村におけるアンケート結果、および千葉県が実施した地下水調査結果を地区別に集計し、各地区の最高値をもとめた。表3-2に地区別測定結果を示す。また、地区別の最高値を測定値別に千葉県地図上にプロットし、千葉県における硝酸性・亜硝酸性汚染マップを作成した(図3-2)。

硝酸性・亜硝酸性窒素汚染の分布をみると、佐原市、印西市、栄町、芝山町、富里町、八街市など北総地区を中心に高濃度汚染地区の分布が広がっており、特に佐原市の一部では60mg/ℓを超える地区が数箇所あり、中には180mg/ℓを超えている地区もある。しかし同じ北総地域でも栄町、成田市、印旛村、本埜村などでは基準値を超える硝酸性・亜硝酸性窒素は検出されていない。

そのほか、汚染地区は千葉県北西部では市川市、船橋市、松戸市、千葉県東部では銚子市、干潟町、山田町、東金市などにもみられる。一部の地区では90mg/ℓを超える地区があった。

千葉県中部から千葉県南部にかけては、千葉市、四街道市で汚染が広がっている。市原市などでは1地区で汚染が確認されただけである。

3-2-2 硝酸性・亜硝酸性窒素汚染と土地利用状況

市町村におけるアンケート調査の結果をもとに、基準値(10mg/ℓ)を超える測定値が検出された地区について、土地利用状況を示すマップを作成した(図3-3)。なお、アンケート回答の中で測定値のみの回答で土地利用状況の記載がなかった地区についてはマップから除いた。なお、農用地はアンケート回答で畑地、水田等の区分がされていなかったものを示す。

図では、一部の地区で土地利用状況が不明であるが、千葉県北西部～中部の市川市、船橋市、我孫子市、千葉市などでは住宅地(市街地を含む)に汚染がみられる。なお市川市では一部で果樹園での汚染が報告されている。また千葉県北部～北東部にかけての地域では畑地または農用地が大部分を占めているが、神崎町、大栄町では住宅地における汚染が見られる。

表3-2(1) 硝酸性・亜硝酸性窒素濃度別該当地区数

市町村名	測定値:基準値以下		測定値:基準値超			総計
	2mg/ℓ未満	2~10mg/ℓ	10~30mg/ℓ	30~80mg/ℓ	60mg/ℓ以上	
旭市	2					2
夷隅町	2					2
一宮町	1					1
印西市	6	5	11	1		23
印旛村		2				2
浦安市		3	1			4
栄町	10					10
横芝町		1	1			2
下総町			7	1		8
我孫子市	9	12	17	1	1	40
海上町	1		2	4		7
鎌ヶ谷市		1				1
鴨川市	3	1				4
干潟町	1					1
関宿町		1				1
館山市	2	3				5
丸山町		1				1
鋸南町	2					2
九十九里町		1				1
栗源町		1				1
君津市	3	3				6
御宿町	1					1
光町		2				2
佐原市	2	1	12	4	6	25
佐倉市	3	1				4
三芳村	1					1
山田町	5	10	9	4		28
山武町*	5			13		18
四街道市	1	5	9			15
市原市	35	8	1			44
市川市	15	6	3	2	1	27
芝山町	2	4	12	5		23
酒々井町	7					7
習志野市			1			1
勝浦市	1	2				3
小見川町	2	1				3
松尾町		1				1
松戸市	5	6	4			15
沼南町	2					2
神崎町			7	1	1	9
成田市	3	1	2			6
成東町	2	2		1		5
千倉町	1					1
千葉市	1		1	4		6
船橋市			12			12
袖ヶ浦市	3	1				4
多古町		1	3			4
大栄町			17	2		19
大原町	1	1				2
大多喜町	2	2				4
大網白里町	2					2
銚子市	2	3	4		1	10
長生村	1					1
長南町	15	8				23

表3-2(2) 硝酸性・亜硝酸性窒素濃度別該当地区数

市町村名	測定値:基準値以下		測定値:基準値超			総計
	2mg/ℓ未満	2~10mg/ℓ	10~30mg/ℓ	30~60mg/ℓ	60mg/ℓ以上	
長柄町	1					1
天津小湊町		1				1
東金市	8	6	2			16
東庄町		2				2
柏市			2			2
白井町			4	3		7
白子町	1					1
白浜町		1				1
八街市	1	6	18			25
八千代市	1	2				3
八日市場市	1	3		1		5
飯岡町			1			1
富浦町		1				1
富山町	2					2
富津市	3	1				4
富里町	1	3	8	3		15
睦沢町		1				1
本埜村	1					1
岬町	2	1				3
茂原市	3	2				5
木更津市	4	1				5
野栄町		1				1
野田市	2		2			4
流山市	2					2
蓮沼村	1					1
和田町	1	1				2
総計	197	134	186	37	10	564

*山武町においては、アンケートの測定値が"10≧"または"10<"の表示であった。

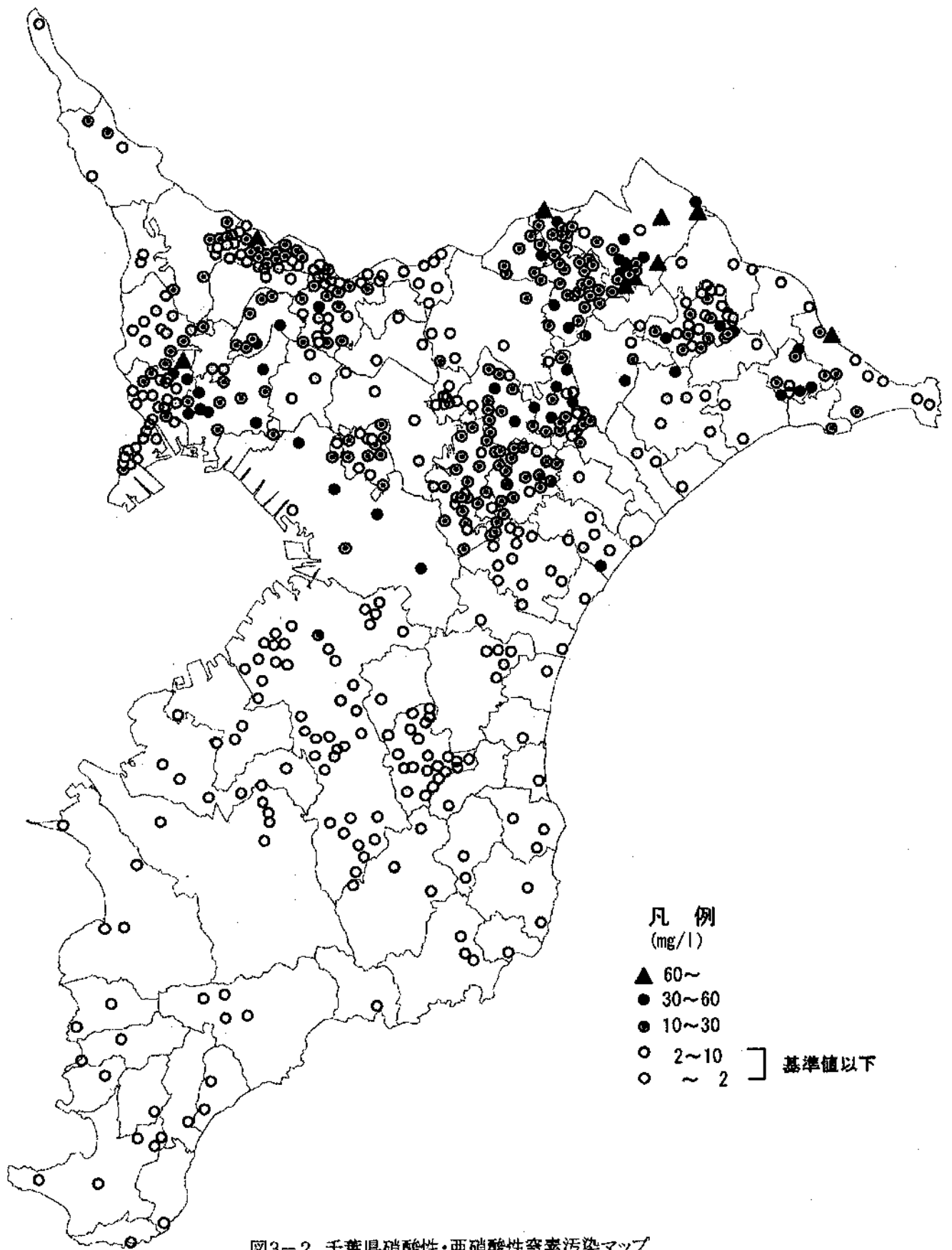


図3-2 千葉県硝酸性・亜硝酸性窒素汚染マップ

4. 考察

4-1 千葉県における硝酸性・亜硝酸性窒素汚染分布の特徴について

アンケートの調査結果、回答状況から各市町村での調査状況に大きなばらつきが見られることなど、解析に公平さを欠いている部分があるものの、千葉県では北総を中心として汚染が広がっていることが判明した。

土地利用状況を見ると、各市町村でのアンケート回答方法に若干差があるため一律な解析は困難であるが、農用地、特に畑地と果樹園が硝酸性・亜硝酸性窒素汚染負荷に大きく関与していることが伺える結果となった。今回のアンケート結果では、果物の生産量が大きい市町村での回答が少ないため、本調査での汚染実態把握は難しいと考える。しかし、汚染の概況が把握できたことから、今後は土地利用状況を考慮し調査の対象を絞り、より実態に近い汚染の検証を行う必要がある。

4-2 特定5地区の測定結果について

4-2-1 井戸深度との関係

硝酸性・亜硝酸性窒素は自然界の中ではもともと存在しにくい物質であり、供給源は地表面からの人為的な要因に因るものとされている。また、酸化環境の中で安定化した硝酸性・亜硝酸性窒素が地下水に取り込まれた後の挙動は、水文地質構造に支配される。したがって、高濃度の硝酸性・亜硝酸性窒素が検出された井戸のスクリーン位置と硝酸性・亜硝酸性窒素濃度の関係には、帯水層の構造、地下水流動が反映される。硝酸性・亜硝酸性窒素汚染の場合、汚染源が地表である場合が多いとされるので、より浅い井戸の方が深い井戸より汚染されやすい条件下にある。実際、A地区では、隣接した井戸で測定値に大きな開きが見られるが（A16とA17、A14とA15など）、この場合、浅い井戸の方が測定値が高くそれより深い井戸では低い値になっている。しかし、C地区では逆に深い井戸の方がより高濃度となっており浅い井戸の方が非汚染井戸となっている。他の地区にしても同様に浅井戸と深井戸による汚染の違いが明瞭に現れていない。

3-4-1では、測定値を井戸深度という一つのパラメーターで解析したため、明瞭な相関が得られなかった。現実には汚染は縦方向ばかりではなく横方向への広がりも考える必要がある。今回の解析結果は帯水層の分布、地下水流動系、および汚染物質を涵養する区域が地区によって様々であり、このことが汚染のメカニズムが決して単純なものではないことを伺わせるものである。それぞれの地区における水文地質構造の違いおよび汚染源の形態（点源・面源・線源など）が様々な汚染のパターンを生み出していると考えられるため、井戸の深さだけの問題ではなく、地表面での位置条件など3次元的な視野で解析することが重要である。

調査対象となった測定井戸のうち基準値以上の値を検出した井戸の深度と測定値との関係を図

4-1に示す。図から井戸深度10~60mでは、概ね測定値が井戸深度とともに減少する傾向が見られるが、60m以上の井戸で最も高い値を検出しているなど、井戸深度と測定値には明瞭な相関はみられない。このような場合、深度が深い井戸では多層間スクリーンであることが推定される。また多層間スクリーンの場合、汚染がスクリーンを通じて広がる可能性も考慮すべきである。本調査の場合、スクリーン位置については調査を実施していないため、実際に汚染がどの程度の深さまで、またどのように浸透しているのか不明である。本調査の場合、スクリーン位置が不明であることも解析を困難にしている。

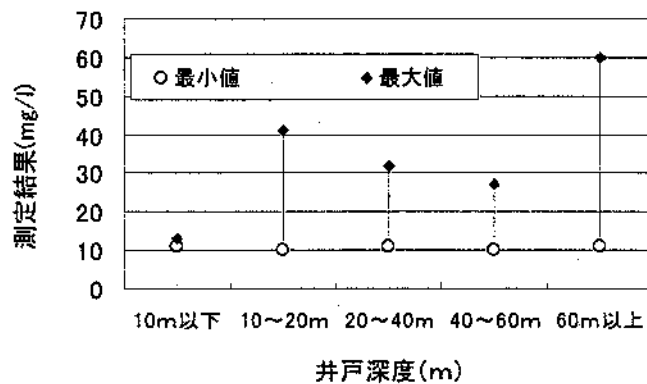


図4-1 硝酸性・亜硝酸性窒素濃度が基準値以上の測定井戸深度と測定値

4-2-2 汚染井戸と土地利用との関係

一般に硝酸性・亜硝酸性窒素汚染が人為的な要因に因るものであり、それが土地利用と深く関わっているといわれている。3-4-2における汚染と土地利用の解析結果からも、農用地が汚染井戸のほぼ50%を占めるという結果を得た。これによって、土地利用形態、中でも農用地が硝酸性・亜硝酸性窒素の負荷に大きく関与していることが検証されたと考えられる。しかし、現段階では、点源または面源として土地利用形態がどのように関わってくるのかを解明することは不可能である。地区ごとに汚染の状況と詳細な土地利用形態の関連性を把握することが重要であると考えられる。

表4-1に特定5地区各地区の汚染井戸周辺の土地利用形態を整理した。

表4-1 汚染井戸周辺の土地利用形態

地区名	汚染井戸周辺の土地利用形態
A地区	汚染井戸は台地上に比較的密集して分布し、住宅地を取り囲むように周辺には畑地が広がっている。果樹園は少ない。調査区域に鶏舎、豚舎はない。
B地区	汚染井戸は広い沖積低地と丘陵地の斜面下の間に分布し、背後は丘陵地の急斜面となっている。斜面は針葉樹林からなるが、山頂から山復にかけて果樹園が広く分布している。畑地は比較的少ない。汚染井戸周辺は住宅が密集しており、沖積低地には水田が広く分布している。
C地区	汚染井戸は沖積低地の縁に分布し、背後は台地急斜面となっている。斜面は針葉樹林からなる山林で台地上は畑地が広く分布している。果樹園は少ない。豚舎・鶏舎・牛舎等はない。
D地区	汚染井戸は洪積台地上に分布し、周辺には畑地が広く分布している。豚舎・鶏舎・牛舎が汚染井戸に隣接している。
E地区	汚染井戸は台地上に点在している。調査地区のほとんどは畑地であるが、牧場が9地点ほどみられる。果樹園、豚舎、鶏舎は少ない。

この結果、汚染のパターンが各地区によって異なることがわかる。豚舎・鶏舎、牧場などの場合は点源としての汚染源になり得る可能性が大きいと思われるが、畑地の場合、面積が広いため、面源としての汚染源が考えられる。しかし畑地の作物によって施肥量が大きく異なってくるため汚染源として一律に処理することは困難である。また、B地区やD地区では一見、果樹園や豚舎・鶏舎が汚染源と推定されるが、本調査の段階で汚染源と断定するのは危険であると考えられる。

いずれにしても、汚染源として疑われる対象が井戸の地下水の涵養域から外れていれば汚染源にはならない。汚染源を土地利用形態に求める場合には、地下水流動系の解明が不可欠である。