

熊本市における地下水中の硝酸性窒素について

津留靖尚 赤星博興 宮本裕美

1. はじめに

環境省が発表した平成 17 年度に国及び地方公共団体が実施した地下水質測定結果によると、概況調査における環境基準超過率は硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が 4.2%と最も高く、定期モニタリング調査でも環境基準超過井戸数が 651 本と最も多くなっており、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による地下水汚染が依然として深刻な問題であることが示されている。

熊本市においても、平成 5 年 3 月に硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が要監視項目に加えられたことから、平成 6 年度から市全域を対象とした概況調査を行い、市内の北部と北西部地域において指針値を超える汚染が確認された。汚染井戸及び周辺井戸については、現在もモニタリング調査を続けており、汚染の継続が見られている。

また、熊本市は、水道水の水源を全て地下水で賄っており、良好な水道水源を維持していく観点からも地下水中の硝酸性窒素の濃度変化には非常に関心が高くなっている。このようなことから、平成 17 年 3 月には市内に硝酸性窒素削減対策会議が設置され、平成 19 年 9 月に第 1 次熊本市硝酸性窒素削減計画（平成 19 年度～21 年度）が作成されたところである。

そこで、今後の削減計画の推進に活用するため、これまでの調査結果を取りまとめたのでその概要を報告する。

なお、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は、平成 11 年 2 月に環境基準項目に加えられ指針値に代わり環境基準（10mg/l）が設定されたことから、以下の本文中では全て「環境基準」と表示した。また、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素は、本文中では「硝酸性窒素」と表示した。

2. 調査概要

地下水中の硝酸性窒素は、平成 5 年 3 月に要監視項目に加えられたことから、平成 6 年度から 9 年度まで概況調査を行った。概況調査は、2 キロメッシュに 1 本の割合で各年度に約 70 本、4 年間で合計 275 本の井戸で行った。さらに、平成 10 年度には、環境基準を超える汚染の見られた北部と北西部地域において 192 本の井戸で汚染井戸周辺地区調査を行い、その結果に基づいて、平成 11 年度から 72 本の井戸について定期モニタリング調査を行った。

また、本市は、市内全域の地下水質を監視するため、平成元年度に観測井 10 本（現在は 44 本）を用いて硝酸性窒素を含む約 80 項目について年 2 回の定期的な地下水質調査を行っており、そのデータも解析に用いた¹⁾²⁾。

これらの調査以外にも、昭和 58～59 年度と昭和 63 年度に有機塩素化合物による地下水汚染の実態を把握するために、市内全域を対象として 250 本と 500 本の地下水質実態調査を行っており、硝酸性窒素も調査項目に含まれていたため、経年的な比較を行うためにこれらのデータも用いた。

3. 調査結果

(1) 全域的な検出状況

概況調査は、市内の硝酸性窒素の状況を把握するため、全域を対象として 2 メッシュに 1 本

の割合で井戸を変えながら平成6年度から9年度まで行い、延べ275本の井戸を調査した。重複した井戸を除いた243本に、観測井の44本を加えた287本について濃度別に検出状況を見ると、図1に示したように全体の35%に当たる101本が1.0mg/l以下で、次に2.1~3.0mg/lの井戸が62本と多く、環境基準を超えた井戸は9本(3.1%)であった。

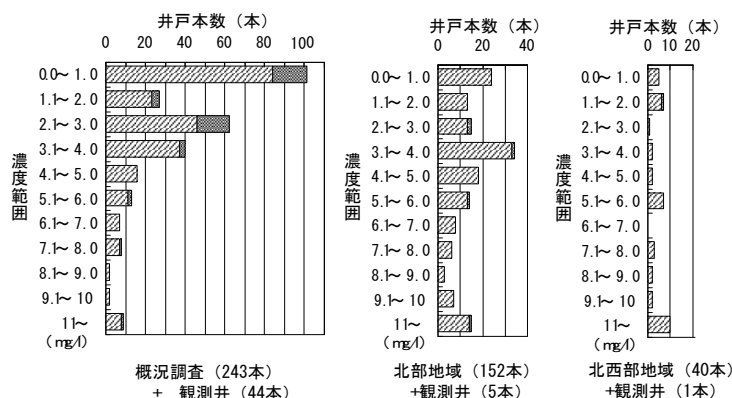


図1 硝酸性窒素の濃度別検出状況

基準超過井戸は、図2に示したように北西部地域に5本(井戸深度22~100m、最高濃度20mg/l)、北部地域に3本(80~110m、13mg/l)、広木地区に1本(5m、12mg/l)見られた。北西部地域と北部地域では、深度の深い井戸から環境基準を超えて検出されており、また、周辺に5.0mg/lを超えている井戸も分布していたことから、高濃度汚染の拡がり懸念された。

全域的に見ると、東部から南部にかけての地下水の豊富な地域では2.1~4.0mg/lの井戸が多く、一方、西部地域ではほとんどの井戸が1.0mg/l未満であった。本市の地下水は東側の台地から西側の有明海に向かって流れており、西部地域は、地下水の流れの末端部に当たっている。そのため、この地域の地下水は、停滞性でアンモニアが検出されるなど還元状態になっており、硝酸性窒素の濃度も低くなっていると推察される。また、白川沿いには、5.0mg/lを超える井戸も分布していた。

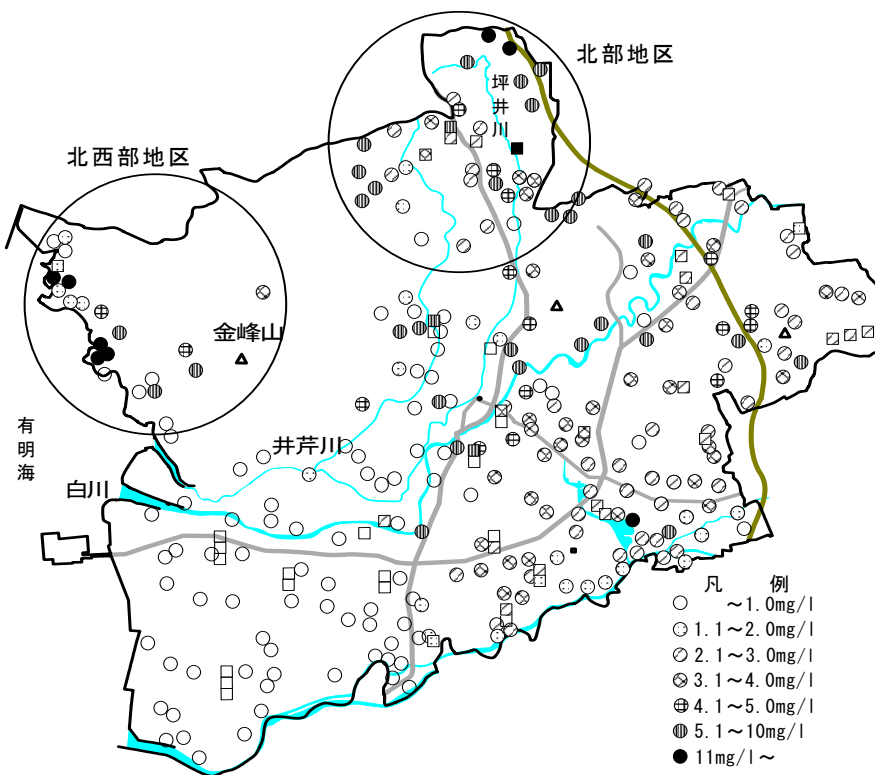


図2 全域の硝酸性窒素の検出状況

(2) 汚染地域の状況

概況調査等の結果から、北部地域と北西部地域では硝酸性窒素汚染の拡がり懸念されたことから、平成10年度に両地域で詳細な水質調査を行った。

(a) 北部地域

北部地域は、植木台地の末端部に位置し、東縁を坪井川、西縁を井芹川が流れており、井芹川の西側は金峰山の北東斜面に接している。植木台地は透水性のよいASO-4火砕流堆積物により形成され、台地面は水田や畑地として利用されており、ビニールハウスを用いたメロンやスイカの栽培も盛んな地域である。

硝酸性窒素の調査は、図3に示した157本(観測井5本を含む)の井戸で行い、環境基準を超えた井戸は15本(9.6%)で、最高濃度は25mg/lであった。3.1~4.0mg/lの範囲で検出された井戸が34本と最も多く、基準値の1/2である5mg/lを超えた

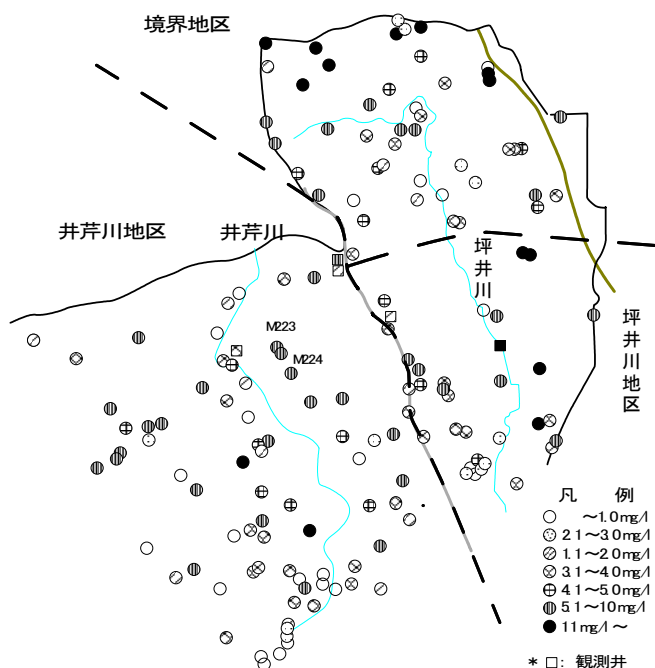


図3 北部地域の検出状況

井戸も53本(基準超過井戸を含む)あり、全体的に硝酸性窒素の濃度が高い地域であった(図1)。この地域は、汚染状況や地形から3つの地区に分けられ、植木町や合志市と接している境界地区では、境界線に沿って基準超過井戸が見られ、下流に向かって濃度は減少していた。地下水の流れから境界地区の下流側にあたる坪井川地区では、坪井川左岸側に基準超過井戸が見られた。また、台地を越えて反対側にあたる井芹川地区では、金峰山側の井芹川右岸に基準超過井戸が見られた。なお、図4に示すように、いずれの地域も井戸の深さと硝酸性窒素の濃度との間に一定の傾向は見られなかった。

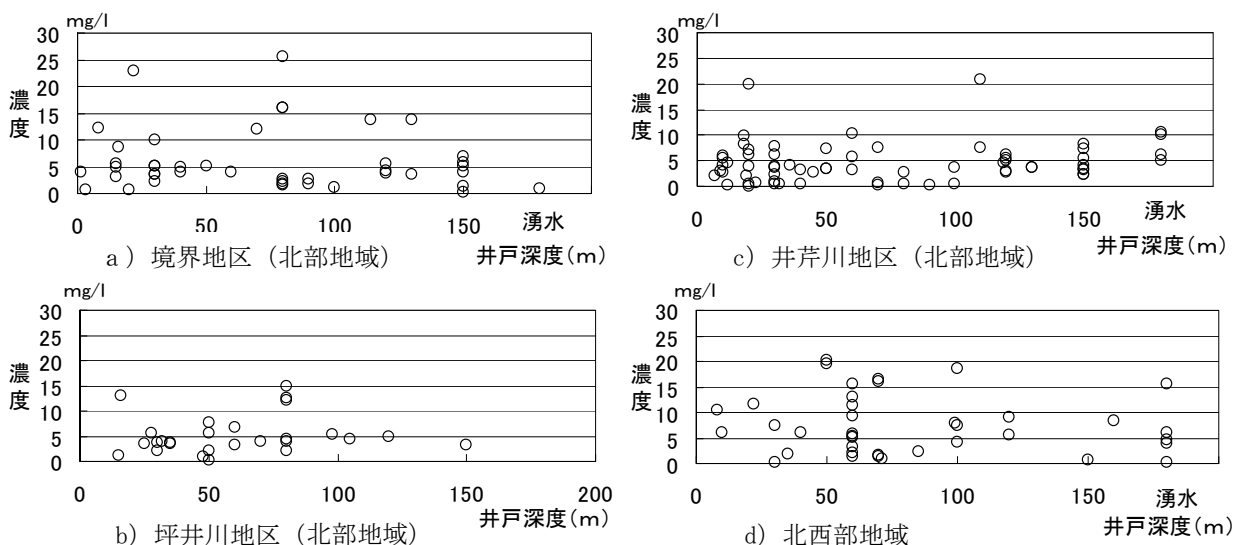


図4 井戸深度別の検出状況

(b) 北西部地域

北西部地域は、新生代第3紀末から第4紀初期に生じた火山活動によって形成された金峰山の西斜面に位置しており、古くからみかん栽培の盛んな地域である。

図5に示した41本の井戸(観測井1本を含む)で調査を行い、基準値を超えた井戸は10本

(24%)で、最高濃度は20mg/lであった。5.1~6.0mg/lの範囲で検出された井戸が7本と最も多く、5mg/lを超えた井戸は24本と調査井戸の59%に達していた(図1)。井戸の深さと硝酸性窒素の濃度との関係は、北部地域と同様に一定の傾向は見られなかった(図4)。

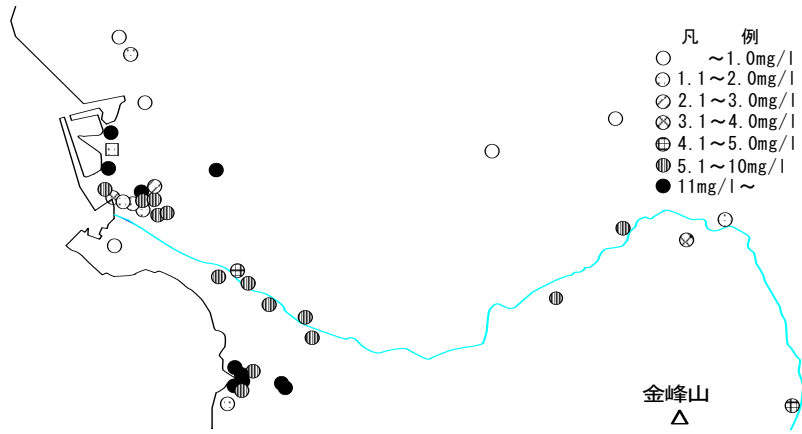


図5 北西部地域の検出状況

(3) 汚染濃度の経年変化

環境基準を超える硝酸性窒素の汚染が確認された北部地域と北西部地域においては、平成11年度に定期モニタリング調査を開始し、現在も年2回(平成11年度は3~6回)の調査を継続して行っている。

また、環境基準は超えていないが地下水が豊富で、2.1~4.0mg/lの硝酸性窒素が分布していた東南部地域についても、平成2年度からで継続して調査を行っている観測井のデータや既存のデータに基づいて検討した。

(a) 北部地域

北部地域では、図6に示した基準超過井戸14本を含む51本を対象井戸として選定した。その内、井戸の廃止等で調査を中止した井戸があるため、平成18年度まで継続して調査を行った井戸は43本であった。観測井5本を合わせて48本の井戸について濃度変化を見ると、図7に示したM227のように上昇傾向を示す井戸や、M250のように減少傾向を、或いはM207や観測井のようにほぼ横ばいで推移する井戸が見られた。

経年変化を傾向線の傾きから1年当たり0.2mg/l以上の変化を増加或いは減少傾向、0.2mg/l未満を横ばいとし、濃度については平成6~9年度概況調査時点と平成

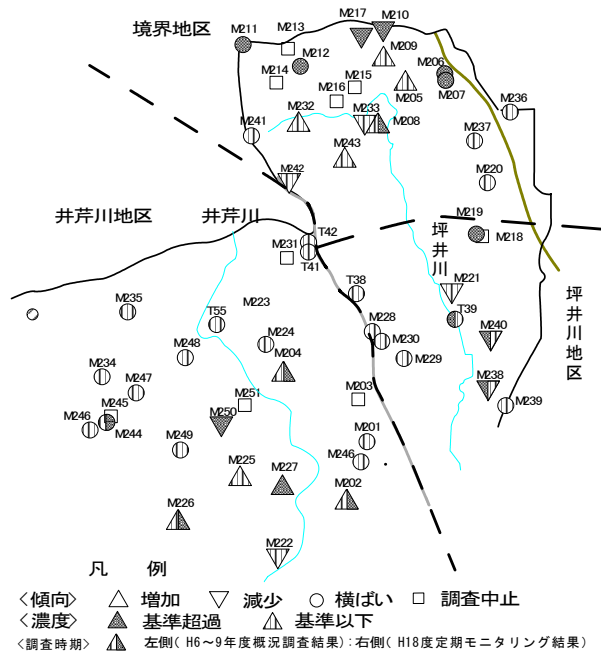


図6 北部地域の定期モニタリング結果

18年度定期モニタリング調査時点で環境基準と比較して整理すると表1のように、増加傾向の井戸が11本、減少傾向が9本、横ばいが28本となった。その分布は、図6に示したようになっており、坪井川地区では減少傾向を示す井戸が3本で増加傾向を示す井戸はなかったことから、この地域の汚染は改善が進んでいるものと期待された。一方、井芹川地区では増加井戸が多く、境界地区では、増加井戸と減少井戸が混在していた。

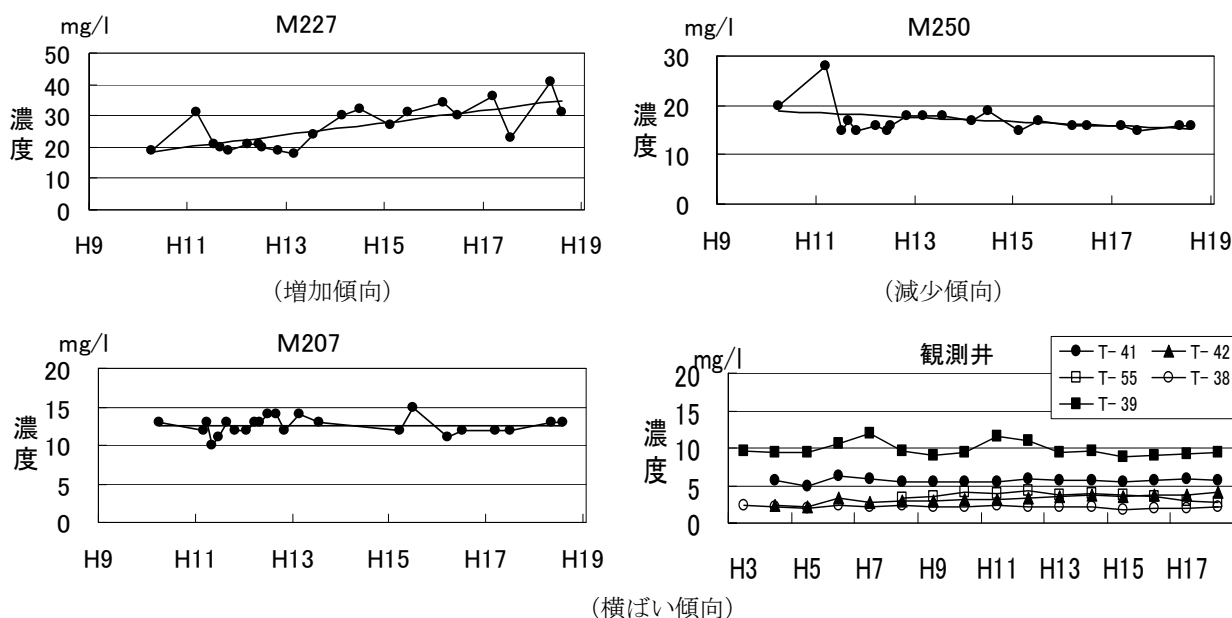


図7 硝酸性窒素濃度の経年変化（北部地域）

表1 硝酸性窒素の経年的変化(北部地域)

記号 (図6参照)	経年変化	濃度(環境基準との比較)		井戸本数 (本)	井戸本数 (本)
		概況調査 (H6~9)	モニタリング調査 (H18)		
▲	増加傾向	超過	超過	1	11
▲	増加傾向	以下	超過	5	
▲	増加傾向	以下	以下	5	
▼	減少傾向	超過	超過	3	9
▼	減少傾向	超過	以下	2	
▼	減少傾向	以下	以下	4	
●	横ばい	超過	超過	5	28
●	横ばい	超過	以下	1	
●	横ばい	以下	超過	1	
●	横ばい	以下	以下	21	
□	中止	—	—	8	8

(b) 北西部地域

北西部地域では、図8に示した基準超過井戸10本を含む21本の井戸でモニタリング調査を行い、その内15本（観測井を合わせると16本）で平成18年度まで継続して調査を行った。図9に示したM266のように上昇傾向を示す井戸や、M254のように減少傾向を、或いはM264のようにほぼ横ばいで推移する井戸が見られた。北部地域と同様に分類すると、表2に示したように増加傾向が1本、減少傾向が8本、横ばいが7本となった。図8に示したように減少井戸が全域に分布しており、北西部地域では、全域的に硝酸性窒素の汚染濃度は減少していることが示唆された。

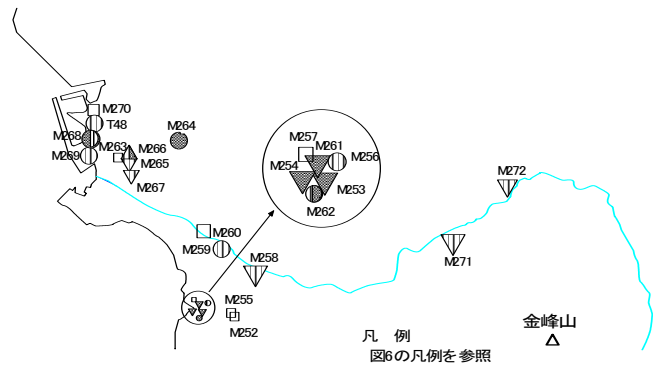


図8 北西部地域の定期モニタリング結果

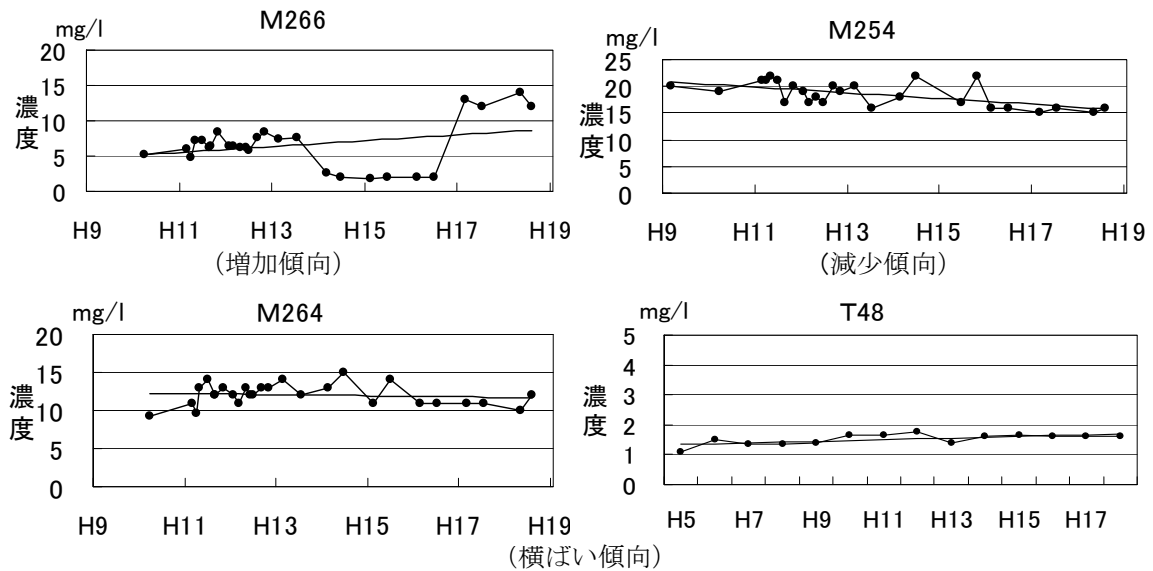


図9 硝酸性窒素の経年変化（北西部地域）

表2 硝酸性窒素の経年的変化(北西部地域)

記号 (図8参照)	経年変化	濃度(環境基準との比較)		井戸本数 (本)	井戸本数 (本)
		概況調査 (H6~9)	モニタリング調査 (H18)		
▲	増加傾向	以下	超過	1	1
▼	減少傾向	超過	超過	3	8
▽	減少傾向	以下	以下	5	
●	横ばい	超過	超過	1	7
◐	横ばい	超過	以下	1	
◑	横ばい	以下	超過	1	
◒	横ばい	以下	以下	4	
□	中止	—	—	6	6

(c) 東南部地域

戸島地区から江津湖にかけての地域は、地下水が上流域にあたる白川中流域から流れ込んでおり、健軍水源地等の水道水源井が多く分布し、江津湖では湧水量が日量40万 m^3 ともいわれ地下水に恵まれた地域である。

これまでに、市内全域にわたって硝酸性窒素の調査が行われた昭和58～59年度実態調査、昭和63年度実態調査及び平成6～9年度概況調査について検出状況を比較するために、濃度別の検出率を求め図10

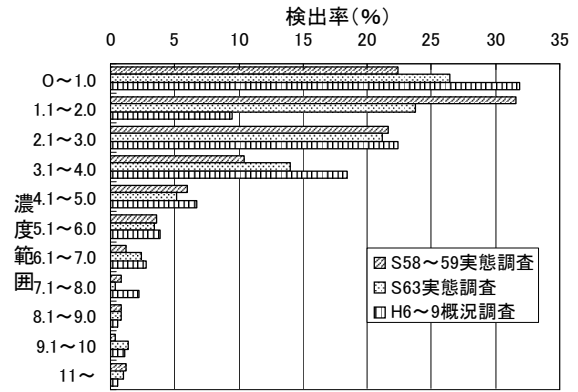


図10 濃度別検出状況

に示した。なお、概況調査については、平成3年の周辺4町との合併後によって加わった地域の井戸も含まれているためこれらを差し引いた179本について比較した。1.1~2.0mg/lの濃度範囲の検出率が、調査が新しくなるに連れて減少し、逆に3.1~4.0mg/lの検出率が高くなっており、市域の硝酸性窒素の濃度が上昇していることを示唆していた。

そこで、硝酸性窒素の濃度が増加している地域を明らかにするため、各調査について1キロメッシュ毎に硝酸性窒素の濃度の平均値を求め、各調査間で差し引いたものを、差が0.5mg/l未満の場合は「変化なし」、それ以上増減したものを「増加」或いは「減少」として

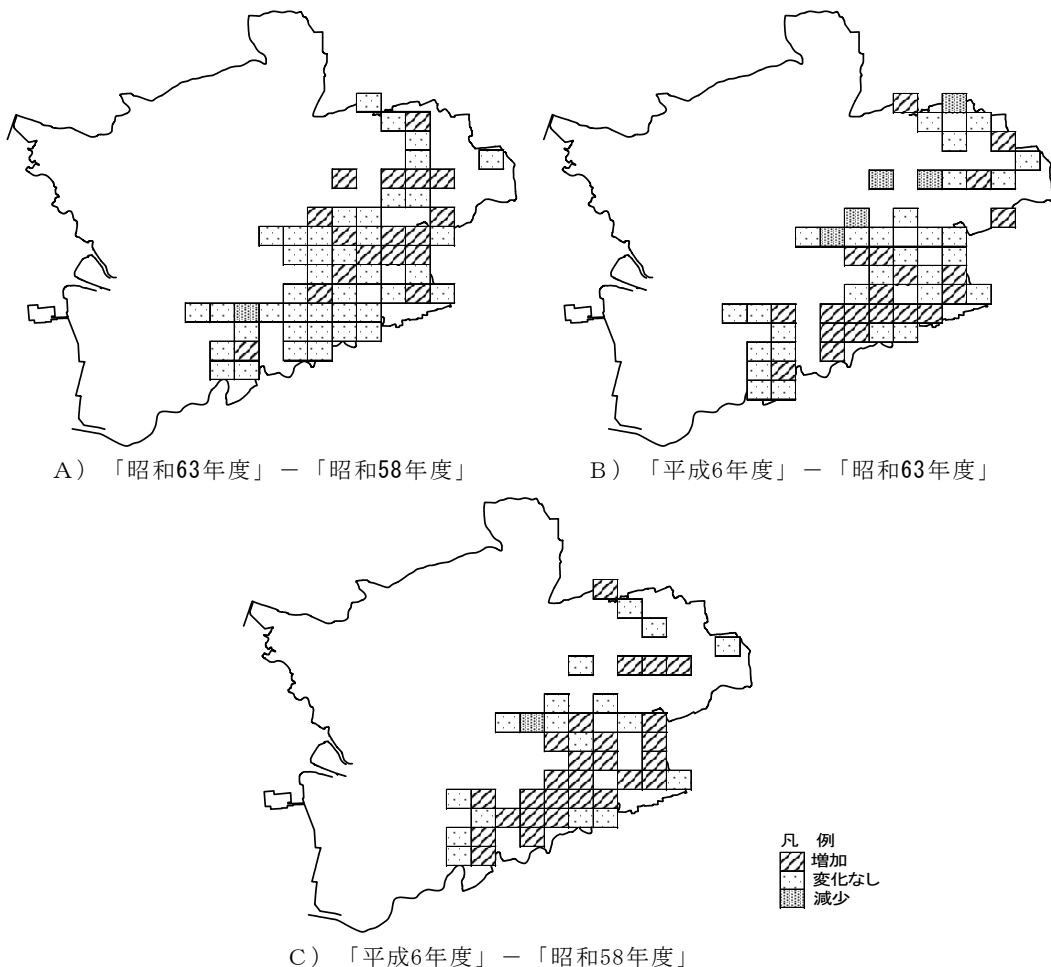


図11 硝酸性窒素のメッシュ別濃度変化

比較した。メッシュによって調査井戸の本数が異なっており、また同じ井戸について比較したものではないが、図 11 に示したように、昭和 58～59 年度から昭和 63 年度にかけて主に東部地域で、昭和 63 年度から平成 6～9 年度にかけては南部地域で、硝酸性窒素の濃度が上昇したことがわかった。

東部地域にある 6 本の観測井（図 12）の硝酸性窒素濃度の経年変化を見ると、図 13 に示したように平成 10 年度から平成 15 年度にかけてはほぼ横ばい状態で推移したが、ここ数年は再び増加傾向となっている。同様な傾向は南部地域にも見られている。硝酸性窒素の濃度は、東部地域では平成 2 年度の 2.3～2.7mg/l から平成 18 年には 3.2～3.6mg/l へ、南部地域では 1.5～2.4mg/l から 2.3～3.0mg/l へ増加していた。東部地域では、全期間を通して求めた傾向線の傾きから年に 0.048～0.065mg/l の割合で硝酸性窒素の濃度が増加していた。

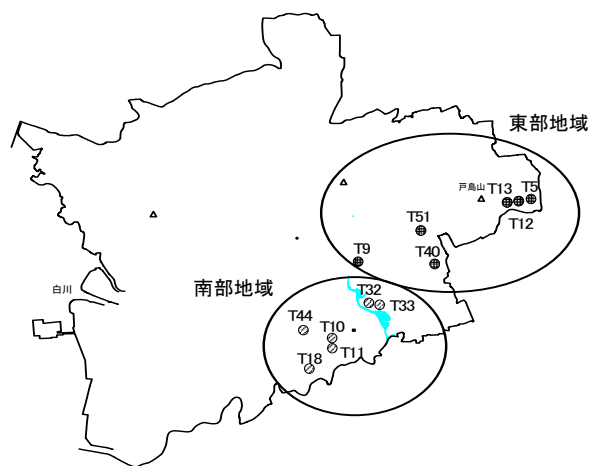


図 12 東南部地域の観測井の配置

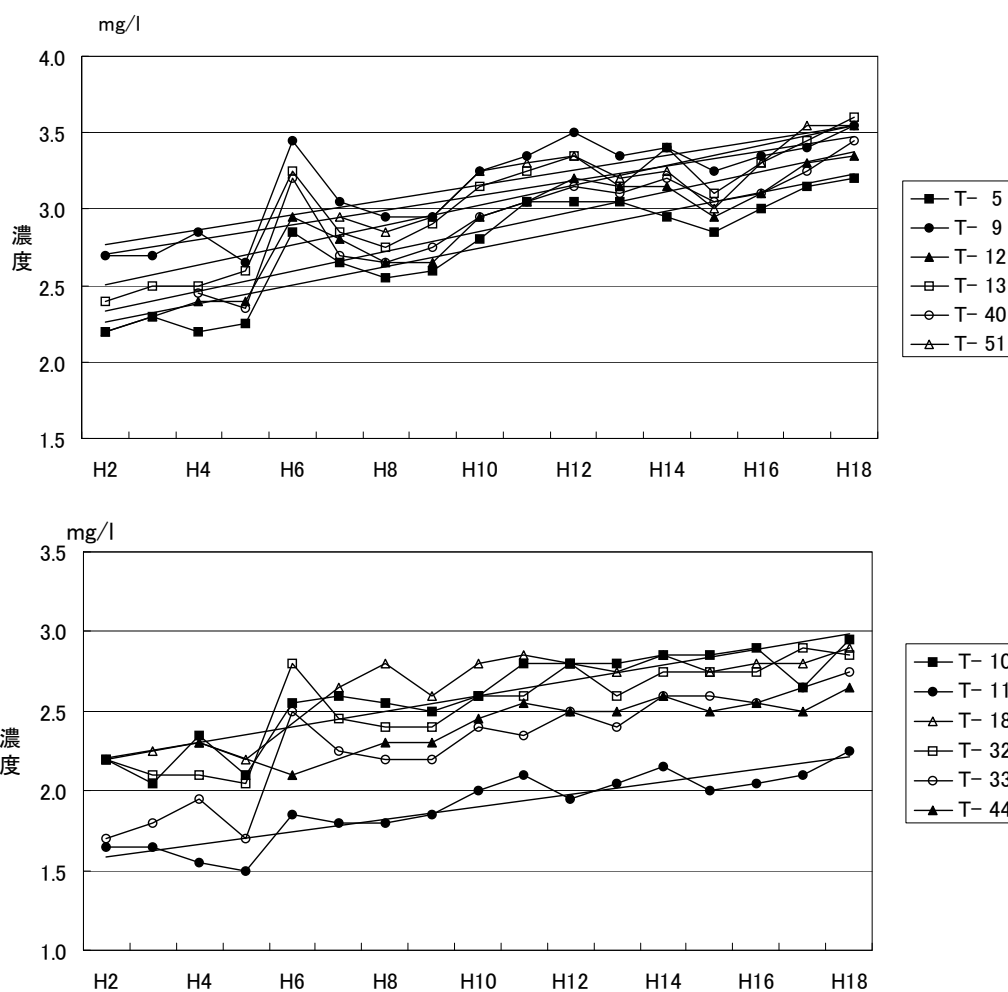


図 13 観測井の硝酸性窒素の経年変化（東南部地域）

4. まとめ

熊本市でこれまでに行ってきた調査から、地下水中の硝酸性窒素の状況について次のようなことがわかった。

- (1) 市域の地下水中の硝酸性窒素は、東部から南部にかけて 2.1～4.0mg/1 の濃度範囲で分布しており、西部地域ではほとんどの井戸が 1.0mg/1 未満であった。また、環境基準を超える汚染の拡がりは、北部地域と北西部地域に見られた。
- (2) 定期モニタリング調査の結果によると、北西部地域の硝酸性窒素の濃度は減少傾向が見られたが、北部地域では減少傾向が見られている地区や逆に増加傾向の見られる地区もあった。
- (3) 東南部地域の観測井の硝酸性窒素は、測定を開始した平成 2 年度以降増加傾向が続いており、東部地域では、年に 0.048～0.065mg/1 の割合で硝酸性窒素の濃度が増加していた。

今後の硝酸性窒素の削減に当っては、これまでの調査で明らかになった現況を踏まえ効果的な対策が進められるとともに、対策の効果が確認できるような地下水質の調査を継続していくことが必要である。

(なお、今回、これまでの調査データを再解析するにあたり、データ処理の統一を図るため、硝酸性窒素の濃度は有効数字 2 桁で表示し 3 桁目以下は切り捨てています。そのため、基準超過井戸数等で従来の本数と異なる場合もあります。)

参考文献

- 1) 津留靖尚他：熊本市の地下水質について(1)，熊本市環境総合研究所報，3，34-42，1995.
- 2) 津留靖尚他：熊本市の地下水質の経年変化について，熊本市環境総合研究所報，13，52-63，2005.

