

# 水質浄化池の全窒素・全リン除去効果の 機能継続性評価

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム ○鶴木 啓二  
高須賀 俊之  
酒井 美樹

環境保全型かんがい排水事業で整備されている遊水池等の水質浄化池は、植生域での植物の繁茂や沈砂域での土砂の堆積によって水質浄化機能が経年的に変化することが予想される。本研究では、整備から8年経過した水質浄化池14箇所を対象に、整備直後から現在まで水質浄化機能を継続調査した結果を報告する。平水時の全窒素、全リンの除去率は、全施設の平均値には大きな変化はみられなかったが、一部の施設では低下していた。

キーワード：除去率、窒素、リン

## 1. はじめに

農業流域では、農業活動に起因した水質汚濁が顕在化しており、良好な水質環境の回復が求められている。農業由来の排水は、降水による大量の水とともに移動するので、都市下水に比べると低濃度である。そのため、下水処理のような集中処理は困難かつ不経済であり、流域内にある自然の機能を利用して浄化する方法が期待されている。北海道東部の大規模酪農地帯では、国営環境保全型かんがい排水事業により、排水路の付帯施設として遊水池・排水調整池・浄化型流入工（本稿では、総称して水質浄化池と記す）や土砂緩止林といった自然の機能を利用した水質対策工が設置されている。自然の機能を利用した水質浄化施設は、気候や土壌、流入水濃度などの条件により浄化効果が異なるため、その地域に適した計画・設計を行う必要がある。現在も実施中の国営環境保全型かんがい排水事業地区が複数あり、先行地区で得られる技術的知見を後続地区に反映することが、計画・設計技術の高度化に有用と考えられる。

本研究で検討対象とする水質浄化池は、流速緩和により土砂を沈降させる堆砂域とヨシ等により水質負荷物質を吸収するなどして水質浄化を行う植生域から構成される池状の施設である（図-1）。このような構造を有する

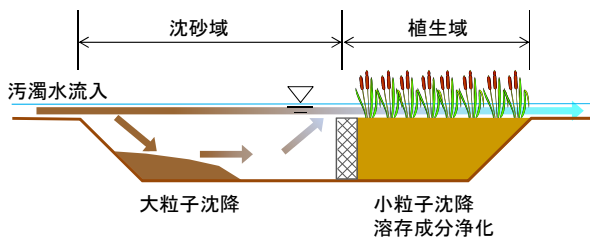


図-1 水質浄化池概略図

ことにより、植生域では植物の成長で機能が向上し、逆に堆砂域では土砂の堆積で機能が低下するなど、整備後に機能が変化すると予想される。そのため、水質浄化池の機能評価は、長期的な調査・解析を行う必要がある。本研究では、国営環境保全型かんがい排水事業で整備された水質浄化池について、整備直後から8年経過した現在までの水質浄化機能を継続調査した結果を報告する。

## 2. 調査方法

### (1) 調査地点概要

調査は、北海道東部酪農地帯で実施された環境保全型かんがい排水事業A地区のモデル流域（地区の中で先行して整備が進められ、効果検証が集中的に実施された流域）で2006年から2007年にかけて整備された水質浄化池14箇所を対象とした（表-1）。これら施設は、整備直後から水質浄化効果検証のための調査を実施しており、水質浄化効果の長期的変化を評価することができる。

### (2) 水質調査

水質調査は、経年的な変化を把握することを目的として平水時を対象に、2007年9月～11月、2008年～2015年の5月～11月に月1回程度、流入口と流出口で採水と流量観測を行った。ここで、平水時とは、日降水量5mm以上の降雨イベントから2日以上降雨の無い日と定義した。検討の対象とした水質項目はT-NとT-Pで、分析方法はJISに準拠した。

### (3) 堆積土砂量調査

水質調査を実施した水質浄化池のうち、2010年の時点

で水質浄化効果の良好な地点（A-1、4、9、13）において2011年から2015年に堆積土砂量調査を実施した。実施時期は、融雪期後の5月上旬と積雪期前の11月下旬である。現地調査では、池全体を縦横およそ10分割に格子で区切り、各格子点における堆積土砂頂部の標高を測量した。測量結果より、土砂頂部の標高と竣工時の底面標高との差から横断面ごとの堆積量を算出し、隣接する横断面との平均堆積量に横断間の距離を乗じて区間堆積土砂量を求め、区間堆積土砂量を加算して池全体の堆積土砂量とした。

### 3. 水質浄化効果概況

全水質浄化池について、流入部と流出部のT-N、T-P濃度の関係を調査年ごとに図-2に示す。

T-Nは、流入濃度と流出濃度が1対1の線（以下、1:1のラインと記す）よりも概ね下に分布しており、池を通過

表-1 水質浄化池諸元

施設名	堆砂容量 (m <sup>3</sup> )	流域面積 (km <sup>2</sup> )	堆積土砂 量調査
A-1	356	0.58	○
A-2	204	0.23	
A-3	930	1.26	
A-4	324	0.28	○
A-5	126	0.21	
A-6	359	0.39	
A-7	115	0.09	
A-8	48	0.14	
A-9	259	0.22	○
A-10	72	0.11	
A-11	24	0.04	
A-12	178	0.13	
A-13	434	0.43	○
A-14	173	0.49	

することで濃度低下していることが分かる。全データによる近似直線は、 $y=0.848x+0.024$  ( $r=0.96$ ) となり、0.16mg/L以上の流入水濃度で1:1のラインよりも下、すなわち水質浄化効果がみられることになる。

T-Pは、1:1のラインの上下にデータが分布しており、流出側の濃度が流入側よりも高い場合もある。全データによる近似直線は、 $y=0.645x+0.009$  ( $r=0.56$ ) で、0.03mg/L以上の流入水濃度で、水質浄化効果がみられることになる。本調査で得られた濃度範囲では、低濃度の範囲では浄化効果が低いという結果になったが、環境への影響が大きい比較的高濃度では、浄化効果を有することが確認された。

### 4. 全窒素・全リン除去効果の機能継続性

#### (1) 除去率と変動要因

図-3に全調査日のT-N除去率（＝（流入濃度－流出濃度）÷流入濃度×100）の推移を施設ごとに示す。除去率がゼロより大きい場合は、池内部で濃度が低下していることを表している。近似直線によると、経年的に除去率が変化しているように見える施設はあるが、データのバラツキが大きいため、経年との相関は極めて低く、相関係数が最も高いA-8でも $r=0.40$ だった。除去率が変動する要因は、①流入濃度の差異、②水温の季節変化、③水文条件の差異、④池内堆積物からの流出が考えられる。

①について、一例としてA-4流入側の全窒素濃度を時系列にみると（図-4）、調査ごとに大きく異なっていることが分かる。一般に自然の機能を利用した水質浄化施設は、濃度が高いほど除去率は高いとされており、流入濃度の変動は浄化効果の変動要因となる。なお、A-4地点については、経年的傾向や季節的傾向は確認されなかったが、点源に近い施設では、経年的に流入濃度が低下

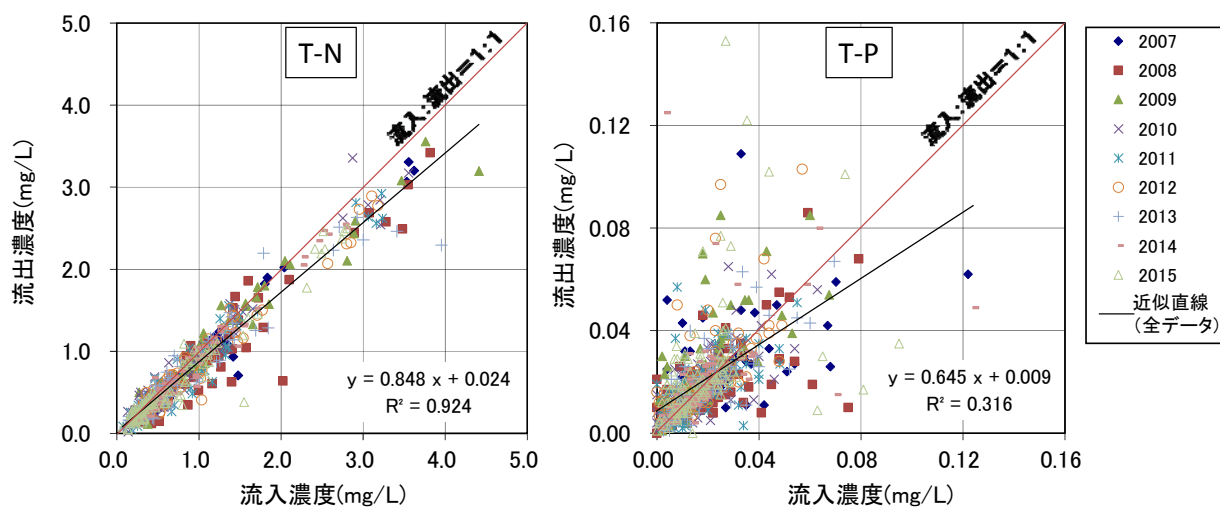


図-2 流入濃度と流出濃度の関係

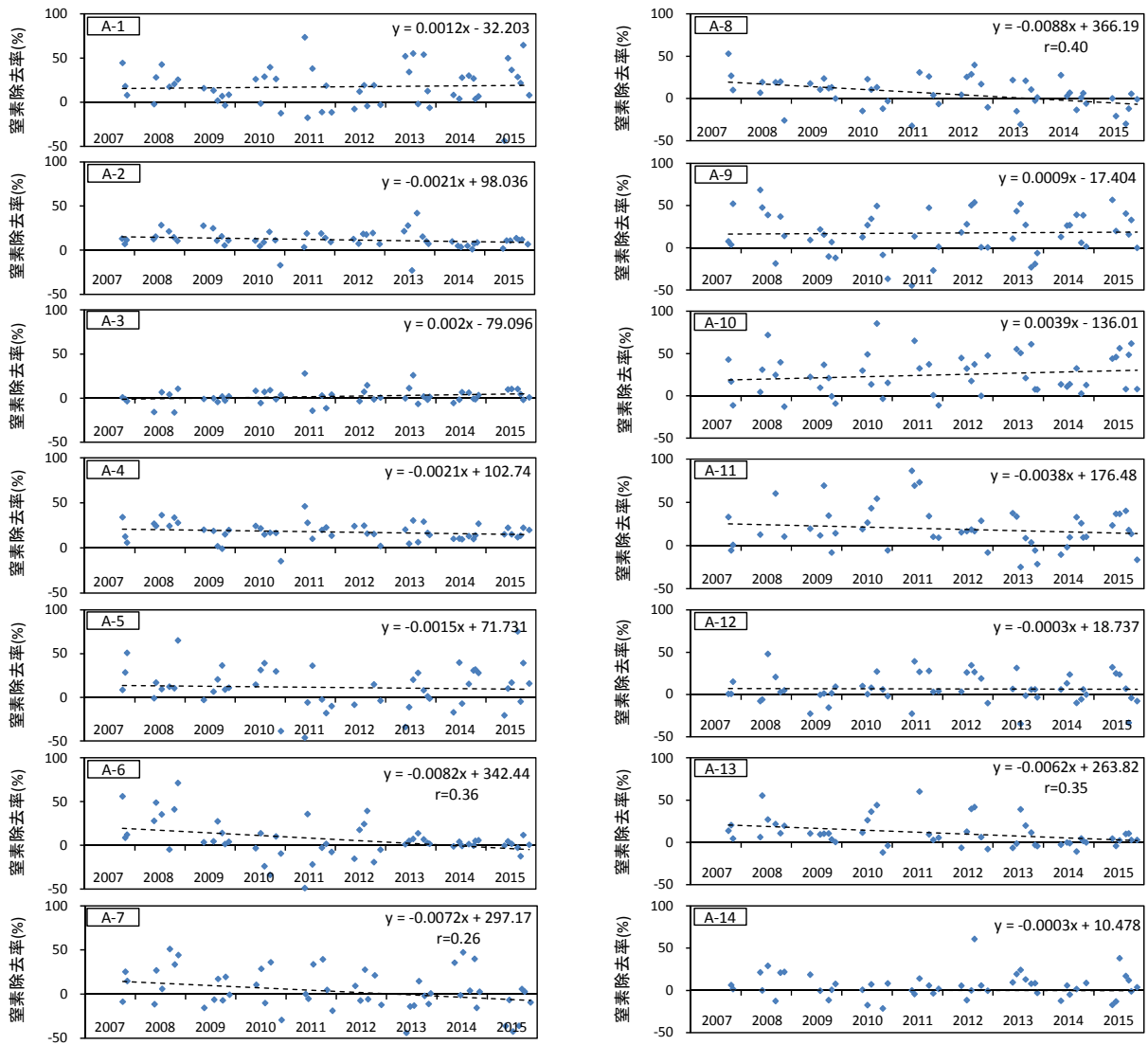


図-3 全窒素除去率の推移 (破線は近似直線、数式は近似式)

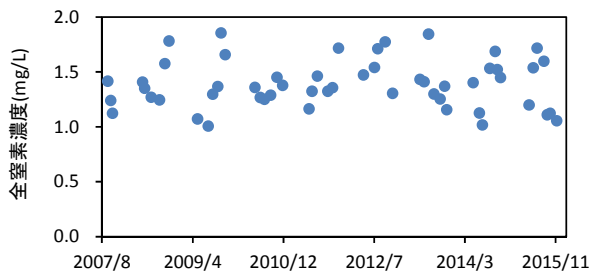


図-4 A-4 流入水全窒素濃度の推移

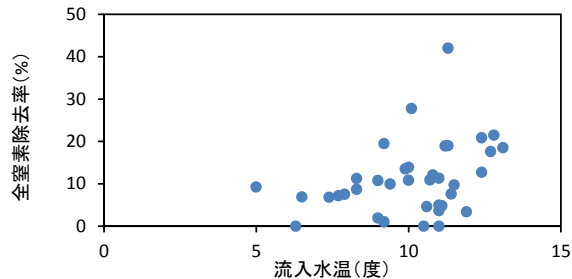


図-5 A-2の流入水温と全窒素除去率の関係

している場合もみられた。

②については、水質浄化メカニズムのうち、生物学的な

作用である植物吸収や微生物による浄化作用には、低温時に浄化活性が低下し除去率が低下するという温度依存性がみられることによる (図-5)。

③については、「平水時」という条件で採水を行っているが、前歴降雨の降水量や経過日数等によって、流量や池周辺の地下水位といった水文条件が異なることを指す。これにより、池内の滞留時間や周辺地下水との交換条件が異なり、除去率変動の一要因となると考えられる。

④については、例えば、A-3の全リンの流入水と流出水濃度の関係をみると (図-6)、大部分のデータで流出水の方が高濃度になっていることが分かる。リンは土壤に吸着されやすいことから、洪水時に土壤と一緒に池に流入して沈殿し、この土壤に吸着されたリンが、平水時に徐々に溶出して流出するか、植物に吸収されて有機態 (植物遺体や腐植) として流出することで流出側の濃度が高くなると考えられる。この影響は、窒素にもあると思われるが、平水時の流入水濃度の低いリンへの影響がとくに大きいと考えられる。

**(2) 除去率の年平均値による機能継続性評価**

前節で示したように、個々の採水データの除去率はバラツキが大きいので、これらを平均化するために、ここでは除去率の年平均値を算出して、除去機能の継続性について検討を行う。図-7に全窒素、全リンの除去率の年平均値の推移を施設ごとに示した。経年と除去率の相関が比較的高い場合（ $r=0.6$ 以上と定義）には、相関係数も示した。なお、2007年はデータが少ないので除いた。

全窒素についてみると、図-3と比較して経年的傾向が把握しやすくなっており、相関係数が比較的高い地点も

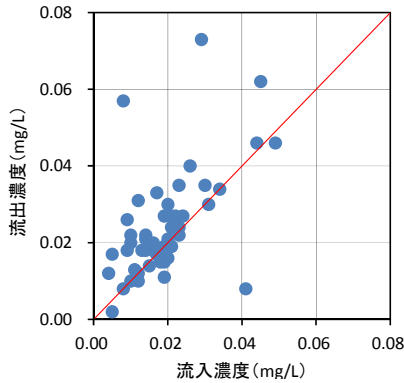


図-6 A-3の流入濃度と流出濃度の関係（全リン）

みられるが、統計的有意性（有意水準5%）があるのはA-13地点のみであった。年平均値として整理したが、依然としてデータのバラツキは大きく、現時点では、大部分の施設で浄化効果に大きな変化は無いと評価される。ただし、A-6は、流域内の河道法面の崩れにより大量の土砂が流入して2010年頃から満砂状態にあるため、浄化機能は失われていると考えられる。

全リンについてみると、全窒素と同様に、経年的傾向の確認できる施設はあるものの、統計的に有意に浄化効果に変化しているといえる施設は無いと評価できる。また、グラフの縦軸のスケールが異なるので分かり難いが、全窒素にくらべると、全リンの除去率は年変動が非常に大きく、かつ除去率が大きくマイナスとなる年が多くみられた。この理由として、前節で記したように、①植物遺体などの浮遊物質が試料に混入しやすいこと（マイナス値が出やすい）、②流入濃度が低いため、例えば流入：0.001mg/L→流出：0.005mg/Lという微小な濃度変化でも濃度低下率は400%と算出されてしまうこと（大きな値になりやすい）が挙げられる。

**(3) 土砂堆積状況と除去率の関係**

堆積土砂量を調査した4施設について、堆積量と窒素

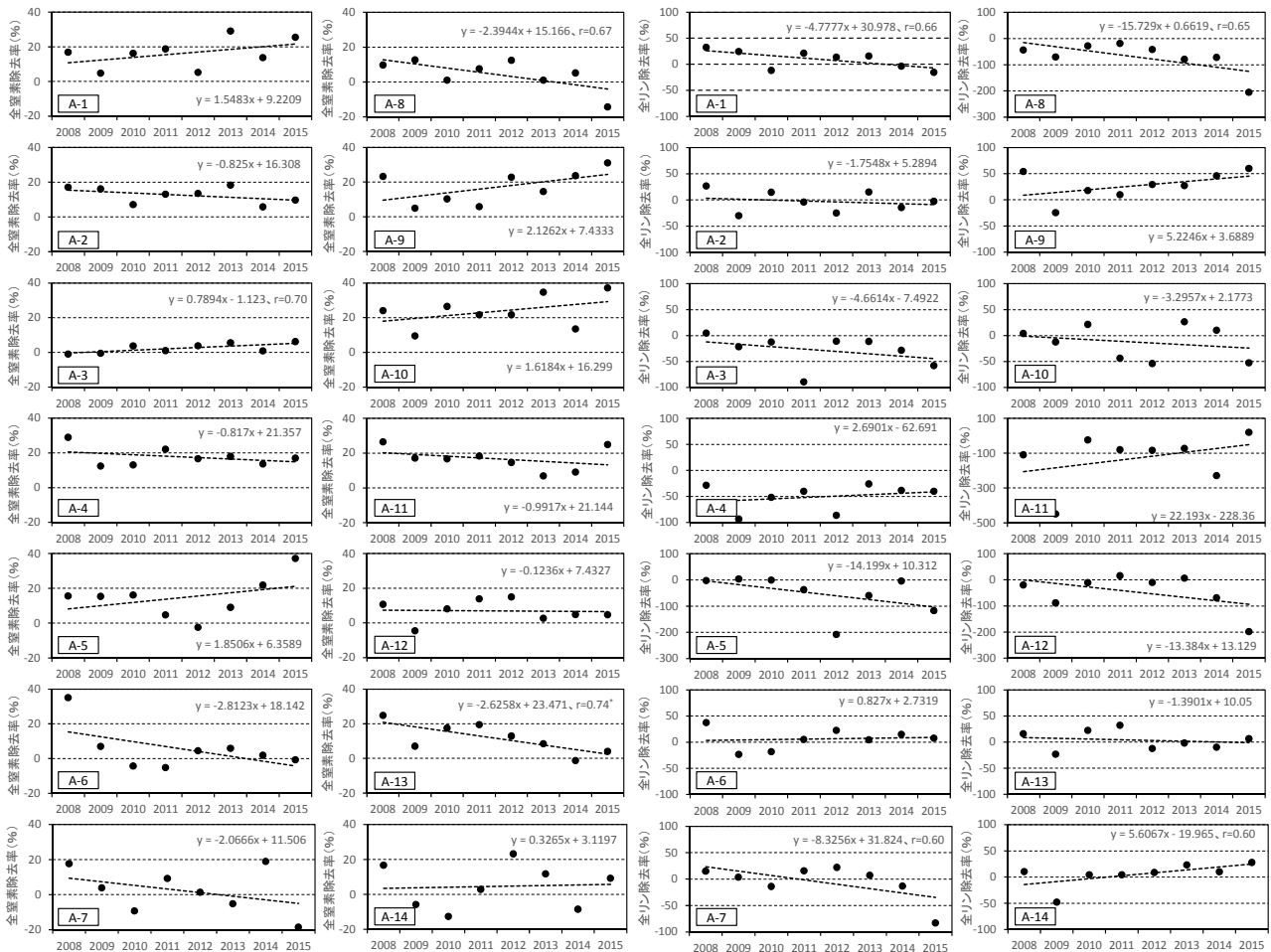


図-7 全窒素・全リン除去率年平均値の推移（破線は近似直線、数式は近似式）

表-2 堆積土砂量と全窒素除去率の経年変化一覧

		2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	滞留 時間(h)
A-1	堆積土砂量(m <sup>3</sup> )	31	62	97	115	127	7
	T-N除去率(%)	19	5	29	14	25	
A-4	堆積土砂量(m <sup>3</sup> )	229	338	543	608	605	7
	T-N除去率(%)	22	17	18	14	17	
A-9	堆積土砂量(m <sup>3</sup> )	112	127	123	154	165	15
	T-N除去率(%)	6	23	14	24	31	
A-13	堆積土砂量(m <sup>3</sup> )	386	398	627	739	821	1
	T-N除去率(%)	20	13	8	-1	4	

堆積土砂量はいずれも11月末時点  
T-N除去率は年平均値  
滞留時間は2015年11月末時点

除去率の関係を表-2に整理した。滞留時間は、2015年11月末時点の池内の水量を平均流量で割ることで求めた。A-4は堆積容量を超過しているが、流入口付近に水面よりも高く堆積しており、実際の容量は多く残っている。A-13は全面に堆積しており、ほぼ満砂状態にある。

各施設とも土砂堆積が徐々に進行しており、滞留時間の減少によって除去率が低下すると予想されたが、A-13以外は経年的に低下することはなかった。このような結果となった要因の1つは、先述してきたように除去率はバラツキが大きいため、5年の調査では長期的な変化を把握するにはデータが少ない可能性が考えられる。また、A-13は、ほぼ満砂状態で滞留時間も1時間と短いため浄化効果が低下しているが、A-13以外は窒素除去に十分な滞留時間が確保されているため浄化効果が高いまま維持されているとも考えられる。いずれにせよ、堆積土砂量と除去率の関係を検討するには、満砂状態になるまでモニタリングを継続する必要がある。

#### 4. おわりに

本研究では、環境保全型かんがい排水事業で整備された遊水池等の水質浄化池を対象に、整備直後から約8年経過した現在までの水質浄化機能の継続性を評価した。評価に用いた水質データは、積雪期以外（5月～11月）の平水時に月1回、池の流入部と流出部で採水した試料から得られた全窒素と全リン濃度である。

全窒素は大部分のデータに除去効果が確認された。全リンは低濃度の範囲では浄化効果が低かったが、環境への影響の大きい比較的高濃度では浄化効果がみられた。施設ごとに算出した除去率の経年変化の検討では、データのバラツキが大きく、一部の施設では除去率の低下傾向がみられたが、大部分の施設で、全窒素、全リンとも浄化効果に大きな変化は無いという結果となった。

調査対象の大部分の施設が満砂状態となっていないことから、全窒素・全リン除去効果の機能継続性を評価するにはさらなるデータの蓄積が必要である。ただし、データのバラツキが大きいため、採水間隔を密にするなど、調査方法の改良が必要と考えられる。

謝辞：現地調査に際し、寒地土木研究所道東支所の吉澤淳氏、太田日出春氏、並びに調査当時に寒地土木研究所道東支所に在籍していた角張章氏、近藤晴義氏、平吉昭氏のご協力を頂いた。記して謝意を表す。